Funkschau 23

Zeitschrift für Rundfunk- und Fernsehtechnik, Hi-Fi, Elektronik und Mikrocomputer

50. Jahrgang
3. November 1978
DM 3.50
öS 30.– sfr 3.50

8 Seiten MIKROCOMPUTER

Die Elektronenröhre im Zeitalter des Halbleiters

Die deutschen Sender und der neue Genfer Wellenplan
Bauanleitung: Mikroprogramm-Steuereinheiten

Die europäische Bauelemente-Industrie in der Krise „Stoppt Japan!“

„Europas Elektronik-Industrie in der Krise“ verkündete der Präsident der European Electronic Components Manufacturer Association (EECA), Mr. H. Kroch, auf einer internationalen Pressekonferenz in Brüssel. Seine Ausführungen richteten sich ausschließlich gegen das immer drückender werdende japanische Übergewicht auf dem Bauelemente-Markt, und er bezog sich vornehmlich auf die Farbbildröhre. Dieses gewichtige Bauelement macht durchweg ein Drittel vom Wert eines Farbfernsehgerätes aus. H. Kroch war flankiert vom Vertreter Englands, M. Eley, von Abel Farnoux (Videocolor), J. Bouyer (La Radiotechnique, Paris), Dr. Alfred Prommer (Siemens AG) und M. Schinle (ITT Baulemente Europa).

Was die Herren vortrugen, war zweifellos beunruhigend. 47 von jeweils 100 in den Ländern der Europäischen Gemeinschaft gefertigten Farbfernsehempfängern enthalten eine Bildröhre, die nicht innerhalb der EG hergestellt ist – 33 kommen aus Japan. Diese Zahlen galten für 1977 – im Jahre 1970, so führte H. Kroch aus, kamen nur 4 Farbbildröhren aus Japan, etwa 80 aus den Fabriken in der EG.

Die Europäer sehen die japanische Großoffensive bei Farbbildröhren als höchst gefährlich an, denn die Farbbildröhre ist vom Wert als auch vom Einsatz her ein Schlüsselprodukt für die Elektronikindustrie. Nachdem der Markt für Schwarzweiß-Bildröhren schon längst verloren ist – hier dominieren die Einfuhren aus dem Ostblock, die sich über den Preis durchsetzen konnten –, droht ähnliches bei der Farbbildröhre. Diese Entwicklung hat übrigens ein Leitartikel in der FUNKSCHAU vor mehr als zwei Jahren vorhergesagt, was damals mit einigem Naserümpfen zur Kenntnis genommen wurde (Heft 16/1976).

Die nackten Tatsachen sprechen für sich. 1977 produzierte Japan 33 % aller in der westlichen Welt verkauften Farbfernsehempfänger, verbrauchte aber nur 20 % der Weltproduktion im eigenen Land; mithin drückten 13 % auf den Weltmarkt. Das nannte H. Kroch „aggressiven Export“. In den USA war es umgekehrt. Von dort stammten 24 % der Weltproduktion – aber der Markt nahm 32 % aller in der Welt gefertigten Farbgeräte auf, so daß die USA das klassische Importland ist. Und was die Farbbildröhren angeht: 48 % der Weltproduktion von 30 Mio. Stück, also 14,4 Millionen, werden in Japan hergestellt; 60 % davon, das sind 8,6 Mio. Stück, gehen in den Export – direkt oder in Geräten.

Die Situation hat sich schlagartig verschlechtert, nachdem die amerikanische und die japanische Regierung ein Selbstbeschränkungsabkommen über die Einfuhr japanischer Farbfernsehempfänger abgeschlossen hatten, genannt Orderly Marketing Agreement (O.M.A.). Es gilt seit Juli 1977 und begrenzt die japanischen Farbgeräteeinfuhren auf 1,75 Mio. Stück in jedem der folgenden drei Jahre. Faktisch bedeutet das eine Reduzierung der Einfuhr um 40 %. Da die japanischen Farbbildröhren- und -gerätekapazitäten nicht anteilig verringert wurden, nimmt der Druck auf andere Märkte zu; die Länder der EG sind das bevorzugte Ziel, weil hier im Gegensatz zu Japan und den USA die Versorgung mit Farbgeräten erst bei 40 v.H. aller Fernsehhaushalte liegt (USA: 90 %, Japan 120 %). – Ein weiterer negativer Punkt ist das ab 1980 beginnende Auslaufen der wichtigsten Pal-Patente. Deren Inhaber, die Firma AEG-Telefunken, hatte bei der Vergabe von Pal-Lizenzen an die Japaner gewisse Auflagen durchgesetzt, so daß u. a. Farbgeräte mit 66-cm-Bildröhren nicht in die Länder der EG geliefert werden durften. Wenn jetzt diese und und andere, vornehmlich mengenmäßige, Beschränkungen fallen, wird sich der europäische Markt einem neuen Druck aus Japan gegenübersehen... denn wenn man schon die schwere, viel Verpackung verlangende große Farbbildröhre um die halbe Welt karrt, dann könnte man sie sogleich mit einem Chassis umgeben, so daß in Europa lediglich noch das Gehäuse zuzugeben ist.

Das Unheimliche an der Entwicklung ist, daß „eigentlich“ alle japanischen Lieferungen, beispielsweise in das Bundesgebiet, wegen des Kursunterschiedes des Yen zur D-Mark – er hat sich im letzten Jahr um rd. 30 % zuungunsten des Yen entwickelt – um den genannten Prozentsatz teurer sein müßten. In Wirklichkeit stimmt davon nichts – die japanischen elektronischen Bauelemente sind teilweise beträchtlich billiger geworden. Die Bilanzen der europäischen Bauelementeindustrie weisen es überdeutlich aus; die Renditen schrumpfen erschreckend. Die bevorstehende Großoffensive der Japaner mit hochintegrierten Schaltungen wird diese Entwicklung weiter ins Negative treiben.

Der Welthandel darf keine Einbahnstraße sein, aber es ist leider eine Tatsache, daß bei Farbbildröhren der japanische Markt fest verschlossen ist. Dabei sind die europäischen Röhren weder technisch rückständig nach qualitätsmäßig schlechter; auch die Preise stimmen.

Das Auftreten der EECA in Brüssel soll die Aufmerksamkeit auf diese Fakten lenken und womöglich die Japaner zum Überdenken der Situation veranlassen. „Sie müssen Vernunft annehmen...“, war zu hören, und: „Selbstbeschränkung ist besser als Einfuhrsperren“. Sollte es zu Schutzmaßnahmen der Europäer kommen, dann könnte die europäische Bauelementeindustrie ohnehin nichts ohne Zustimmung bzw. Tolerierung seitens der Gerätehersteller in diesem Kontinent unternehmen. Deren Interessen decken sich vielleicht nicht immer mit denen der EECA. Auch ist denkbar, daß mancher europäische Farbbildröhrenhersteller, aus welchen Gründen auch immer, an spektakulären Aktionen uninteressiert ist. Die Wege der Großkonzerne sind gelegentlich wundersam... (Weitere Fakten und Zahlen zum Thema siehe S. 1150).

Karl Tetzner

Die Elektronenröhre im Zeitalter des Halbleiters

Seite 1122

Elektronenröhren erfüllen auch im Zeitalter des Halbleiters noch vielfältige Aufgaben, z. B. als Senderöhren bei hohen Frequenzen und großen Leistungen sowie für die Bildaufnahme und -wiedergabe. Durch die Kombination von Röhren- und Halbleitertechnik gelingt es aber auch, zu Röhren mit höherwertigen Eigenschaften zu kommen, und die Fortschritte der Röhrentechnologie haben die Entwicklung von neuen Bauelementen ermöglicht, die man im engeren Sinne nicht mehr als Elektronenröhren bezeichnen kann.

Die Herausforderung PETRA

Seite 1145

Die Erforschung der Elementarteilchen wäre undenkbar ohne die Entwicklung verschiedener Generationen von Beschleunigern in den letzten 30 Jahren. Ein großer Sprung in der physikalisch interessanten Energieansammlung beim Zusammenstoß von Teilchen wurde durch den Bau von Speicherringen erreicht, in denen zwei energiereiche Teilchen frontal aufeinandertreffen. Ein derartiger Speicherring befindet sich z. Z. bei DESY im Bau. Er erhielt den Namen PETRA und imponiert durch seine ungeheuren Dimensionen.

„Optimal offene" Kopfhörer

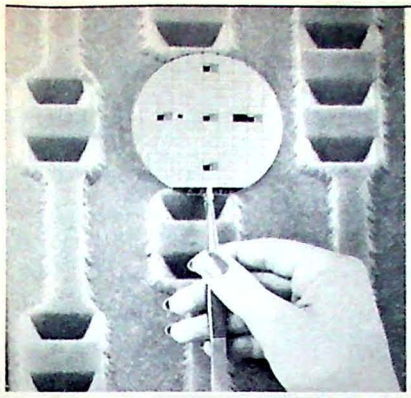
Seite 1159

Auch bei offenen Kopfhörern können Verfälschungen des Klangbildes auftreten, wenn bestimmte akustische Forderungen nicht erfüllt werden. Daher wurde bei der Entwicklung der neuen Kopfhörer HD 420 und HD 430 von Sennheiser besonders auf die Einhaltung dieser Bedingungen geachtet.

Mikroprogramm-Steuereinheiten

Seite 1177

Mit nur wenigen TTL-IS läßt sich eine Schaltung aufbauen, deren Wirkungsweise derjenigen eines richtigen Mikrocomputers schon recht nahekommt. Es können bestimmte Befehlsschritte programmiert werden, die dann externe Geräte steuern oder überwachen; das erfolgt hier mit einer Diodenmatrix als programmierbarem Festwertspeicher. Diese Mikroprogramm-Steuerung bietet die gleichen Vorteile wie ein Mikrocomputer: große Flexibilität in der Anwendung und einfache Änderungsmöglichkeiten des Befehlsablaufes.



Inhalt

ZUM TITELBILD: Im Vordergrund ist einer der ersten von Siemens gefertigten 3-Zoll-Wafer mit 64-Kbit-Speichern zu sehen. Die Herstellung erfolgte in der VMOS-Technologie, wie auch in der Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme (Hintergrund) zu erkennen ist. Der Abstand vom Rand eines Grabens bis zum Rand des nächsten beträgt nur etwa 5 µm; mehr darüber lesen Sie auf Seite 1164 in diesem Heft.

Leitartikel
Die europäische Bauelemente-Industrie in der Krise – „Stoppt Japan!"

FUNKSCHAU express
Aktuelle Nachrichten 1117, 1118, 1119, 1120

FUNKSCHAU aktuell
Kühlsystem für nachrichtentechnische Geräte 1121

Röhren
Die Elektronenröhre im Zeitalter des Halbleiters, 1. Teil 1122

Fertigungstechnik
Mascot – eine neue Generation von Leiterplatten 1126
Multiwire – Leiterplatten 1133

Bauelemente
Passive Bauelemente im Kraftfahrzeug 1129
Farbablenkeinheiten in PSS-Technik 1135
Zu unserem Leitartikel „Stoppt Japan!" 1150

Meßtechnik
Halbleiter-Testsystem 1136
Was ist „echte" Effektivwert-messung? – 2. Teil 1155

Halbleiter
Frequenzfilter findet Platz auf einem Halbleiterchip 1136
Polymerische organische Halbleiter 1137
IS zur Triac-Ansteuerung 1158
Der 64-Kbit-Wettlauf 1164

Frequenzplanung
Die deutschen Sender und der neue Genfer Wellenplan 1141

Forschung
Die Herausforderung PETRA 1145

Stromversorgung
Netzteil-Dimensionierung mit einem programmierbaren Taschenrechner 1149

Ingenieur-Seiten
Technologie und Frequenzverhalten von Folien-Kondensatoren kleiner Kapazität, 1. Teil 1151

Elektroakustik mit Hi-Fi
„Optimal offene" Kopfhörer 1159
Neue Tonbänder für Compact-Cassetten 1161
Das Buch zur High-Fidelity 1161
Was sind magnetische Flüssigkeiten? 1162

Amateurfunk
Der kleine Unterschied: Die FTZ-Nummer 1165

Mikrocomputer
Mikrocomputer – Eine kleine Einführung, 3. Teil 1166
µP-Portraits: MCS 6502 1169
Z 80 1170
Berechnung von Nebenempfangs-stellen mit einem TI-59 1171
Näher beleuchtet: µC-System Alpha 1 1172
KIMpatibel 1173

Tonspeicherung
Von der Tonwalze zur Bildplatte, 26. Teil 1174

Praxis & Hobby
Mikroprogramm-Steuereinheiten 1177
Impuls-Umkehrstufe 1181
CMOS-Frequenzverdoppler 1181
Nachtrag zum Gittermuster-generator 1182
Schaltungskniff: Antennenrotor-steuerung „ohne" Steuerleitung 1182

Farbfernseh-Service
Helligkeit und Farbe „pumpen" nach einer gewissen Betriebszeit 1184

Werkstattpraxis
Service-Informationen auf Mikrofilm 1184

Verschiedenes
40 Umhängetaschen und 10 FUNKSCHAU-Abos zu gewinnen 1181

Rubriken
Neue Bücher 1183
Neue Druckschriften 1184

Electronica-Markt 68

Neuheitenmarkt 161

Die nächste FUNKSCHAU bringt unter anderem:

Bericht von der Photokina

Die europäischen Sender und der neue Genfer Wellenplan

Körtings neue Mutter: dynamisch, expansiv und doch sozialistisch

Mikrocomputer: Bildschirm-Terminal, KIM auf Datensuche

Praxis & Hoby: Textspeicher für Fernschreiber, Wobbler mit niedriger Wobbelfrequenz

Nr. 24 erscheint am 17. November 1978 · Preis 3,50 DM

Zur Hobbytronic '79:

2. ELO-Schaltungswettbewerb

Zur Hobbytronic '79 in Dortmund (7. – 11.3.1979) führt unsere Schwesterzeitschrift ELO ihren 2. Schaltungswettbewerb durch. Gesucht wird die beste Idee für eine Schaltung, deren Bauteile zusammen nicht mehr als 50 DM kosten. Dabei ist es gleichgültig, ob ein elektronisches Spiel, ein Meßgerät oder eine Nf-Schaltung vorgestellt wird; die Bauidee darf aus allen elektronischen Bereichen stammen – nur originell sollte sie sein!

Teilnahmebedingungen

1. Einsendeschluß ist der 31. Januar 1979 (Datum des Poststempels).

2. Zu diesem Termin benötigt die Jury die komplette Schaltung, die Bauanleitung, das Mustergerät und Belege dafür, daß das Gerät nicht mehr als 50 DM gekostet hat.

3. Alle Unterlagen sind einzusenden an ELO-Schaltungswettbewerb Karlstraße 37, 8000 München 2.

Teilnehmen kann jeder; ausgenommen sind die Mitarbeiter des Franzis-Verlages und deren Angehörige. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

Als Preise sind ausgesetzt:

1.–3. Preis:

Besuch der Hobbytronic '79 für jeweils eine Person mit Bahnfahrt 1. Klasse nach Dortmund und zurück, Übernachtung, Frühstück und kostenlosem Eintritt in die Ausstellung anläßlich der Übergabe der Sieger-Urkunden am 7. März 1979. Dazu je ein Farbportable Loewe Opta CN 42.

4.–8. Preis:

Ein kostenloses FUNKSCHAU-Abonnement für ein Jahr im Wert von jeweils 78.– DM.

9.–18. Preis:

Ein kostenloses ELO-Abonnement für ein Jahr im Wert von jeweils 30.– DM.

19.–30. Preis:

Ein Buchgutschein des Franzis-Verlages im Wert von jeweils 20.– DM.

Jeder Teilnehmer erhält übrigens eine kostenlose Ehrenkarte zum Besuch der Hobbytronic '79 in Dortmund.

Funkschau

Fachzeitschrift für Radio- und Fernsehtechnik, Hi-Fi, Elektronik und Mikrocomputer

Herausgeber
FRANZIS-VERLAG GmbH
Karlstr. 37, 8 München 2. Postanschrift: Postfach 37 01 20, 8 München 37. Fernruf 0 89/51 17-1. Fernschreiber (Telex) 52 23 01. Postscheckkonto München 57 58-8 07.
Verlagsleiter: Peter G. E. Mayer
Gesellschafter: G. Franz'sche Buchdruckerei G. Emil Mayer KG. München (100 %).

Redaktion:
Chefredakteur: Prof. Karl Tetzner
Ressortredakteure:
Joachim Conrad (Hörfunk- und Antennentechnik, Funktechnische Arbeitsblätter, Ingenieur-Seiten)
Ing. (grad.) Herwig Feichtinger (Praxis & Hobby, Digitaltechnik)
Dipl.-Ing. Ulrich Radke (Fernsehtechnik, Service-Seiten)
Prof. Karl Tetzner (funkschau-express, Wirtschaft, professs. Nachrichtentechnik)
Ing. (grad.) Dieter Thomsen (High-Fidelity, Elektroakustik, Audiovision)
Weitere Redakteure:
Henning Kriebel, Ing. Hans Wilhelmy
Nachdruckrechte, Sonderdrucke und Lizenzen: Siegfried Pruskil
Hersteller: Robert Hufnagel
FUNKSCHAU-Labor: Ing. (grad.) Hans Neumayr

Anzeigen:
Anzeigenleiter: Gerhard Walde
Disposition: Rosemarie Holzbach
Telefon (0 89) 51 17-2 36
Anzeigenpreise nach Preisliste Nr. 23

Auslandsvertretungen: **Schweiz:** Exportwerbung, Neptunstraße 20, CH-8032 Zürich, Tel.: 01-47 46 90, telex 53 327 – **United Kingdom:** Publicitas Ltd., 525/527 Fulham Road, London SW6 1HF, phone: 01-3 85 77 23. telex: 919 223 almilon – **Japan:** International Media Ltd., 1, Shiba-Kotohiracho, Minatoku, Tokyo, phone: 502-06 56, telex: J 22 633 – **Korea:** International Marketing Corp., C.P.O. Box 6533, Seoul, Korea, phone: 74 75 35 – **USA:** INTA Advertising, Inc., 1560 Broadway, New York, N.Y. 10036, phone: (212) 575-92 92 – California: Elmatex international, P.O. Box 34 607, Los Angeles, Calif. 900 34, Tel. (2 13) 8 21-85 81.

Die FUNKSCHAU erscheint vierzehntäglich, jeweils freitags (26mal im Jahr)
Druckauflage dieses Heftes:
129 380

Bezug:
Vertriebsleiter: Peter Habersetzer
Bestellungen nehmen jede Buchhandlung im In- und Ausland, die Deutsche Bundespost und der Verlag entgegen. Die Kündigung des Abonnements ist bei jährlicher Zahlweise 8 Wochen zum Kalenderjahresende, bei vierteljährlicher Zahlweise 8 Wochen zum Quartalsende möglich.

Bezugspreis: Das Einzelheft kostet 3.50 DM. Der Abonnementspreis für das Vierteljahr (6 bzw. 7 Hefte) beträgt 21.– DM. Das Kalenderjahresabonnement (26 Hefte) kostet im In- und Ausland 78.– DM. In diesen Preisen ist die gesetzliche Mehrwertsteuer in Höhe von 6 % enthalten: in den Abonnementspreisen auch die Versandkosten. Einzelpreis in ausländischer Währung: bFr. 67.–/dkr 9.50/hfl 4 10/öS 30 – (Jahresabo öS 720.–)/sfr 3.50 (Jahresabo sfr 84.–)/Fr. 7.50 (Jahresabo Fr. 165.–).

Auslandsvertretungen: **Belgien:** Internationaal Persagentschap PVBA, Karel Govaertsstraat 56-58, Deurne-Antwerpen. – **Dänemark:** Jul, Gjellerups Boghandel, Kopenhagen K., Solvgade 87. – **Niederlande:** De Muiderkring N. V., Bussum, Nijverheidswerf 17-19-21. – **Österreich:** Fachbuch Center Erb, 1061 Wien, Amerlingstr. 1. – **Schweiz:** Verlag Thali AG, Hitzkirch (Luzern).

Frankreich: Librairie Parisienne de la Radio, 43, rue de Dunkerque, F-75010 Paris.

Verantwortlich für den Textteil: Ulrich Radke, für den Anzeigenteil: Gerhard Walde, beide in München.

Druck: Franzis-Druck GmbH, Karlstraße 35, 8000 München 2. Fernsprecher (0 89) 51 17-1

Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens zulässig hergestellte oder benutzte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG Wissenschaft GmbH, Großer Hirschgraben 17/21, 6000 Frankfurt a. M. 1, von der Einzelheiten der Zahlungsmodalitäten zu erfahren sind. Nach dem Gebührenmarkenverfahren ist je vervielfältigte Seite eine Gebührenmarke von –.40 DM zu verwenden. Gebührenmarken können von der VG Wissenschaft bezogen werden.

Bei Erwerb, Errichtung und Betrieb von Empfängern, Funksprechgeräten, drahtlosen Mikrofonen und anderen Funkanlagen in der Bundesrepublik Deutschland sind die geltenden gesetzlichen und postalischen Bestimmungen zu beachten.

Für Bauanleitungen und Schaltungen in der FUNKSCHAU zeichnen die Verfasser bzw. die Schaltungsentwickler verantwortlich. Die Redaktion hat die Manuskripte und Schaltungen mit größter Sorgfalt geprüft, kann aber für Fehler im Text, in Schaltbildern, Aufbauskizzen, Stücklisten usw., die zum Nichtfunktionieren oder evtl. zum Schadhaftwerden von Bauelementen führen, weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Sämtliche Veröffentlichungen in der FUNKSCHAU erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes, auch werden Warennamen ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Chiffre-Zuschriften dürfen sich nur auf den Inhalt der betreffenden Anzeigen beziehen. Zuschriften, die wir als Werbesendungen erkennen, werden nicht weitergeleitet.

Printed in Germany. Imprimé en Allemagne.
ISSN 0016-2841

Industrie INLAND

Es ist bekannt, daß bei bzw. nach der Einbringung der Reaktor-Aktivitäten der Firmen AEG-Telefunken und Siemens AG in die Kraftwerksunion (KWU) im Jahr 1974 beträchtliche Unsicherheiten über die Abgeltung der Risiken aus dem Kernkraftwerksgeschäft bestanden. Beide Unternehmen bildeten eine Vorstandskommission, die über 60mal tagte und am 19. September eine Einigung herbeiführte. Demzufolge zahlt AEG-Telefunken zur Abgeltung seiner Verpflichtungen aus den Siedewasserreaktor-Aufträgen an die KWU, die jetzt voll im Besitz der Siemens AG ist, den Betrag von 1,215 Mrd. DM. 400 Mio. DM sind bereits bezahlt, weitere 400 Mio. DM sind 1979 fällig, der Rest im Jahr 1982. Dazu AEG-Telefunken: Für unser Haus bedeutet die Vereinbarung eine verlustbehaftete, aber endgültige Bereinigung der Kernreaktorrisiken, die für das Jahr 1978 in Verbindung mit der nicht den Erwartungen entsprechenden Geschäftsentwicklung zum Ausweis eines Verlustes in der Bilanz führen wird.

Wega hat sich in Österreich von seinem dortigen Vertreter, der Weco HiFi TV GmbH, Wien, getrennt und wird seit dem 1. 9. von der österreichischen Canton Elektronik GmbH, Wien, repräsentiert, wo auch der Service liegt. Ein zentrales Ersatzteilelager und eine Servicewerkstatt wurden eingerichtet. – Zum Bruch mit Weco kam es, weil die Muttergesellschaft von Weco, die Firma Louis Rieder, Wien, das österr. Vertriebsnetz für ein Konkurrenzfabrikat stark ausbaute und aus diesem Grund nichts mehr in den Ausbau des Wega-Vertriebs investierte.

Bei der Einweihung des neuen Sony-Verwaltungs- und Lagergebäudes in Köln wurde mitgeteilt, daß das Unternehmen einschließlich der Produktionsfirma Wega im Bundesgebiet 1400 Mitarbeiter beschäftigt und rd. 300 Mio. DM Umsatz erzielt. Für das Geschäftsjahr 1978/79 (31.10.) erwartet Sony-Geschäftsführer Jack Schmuckli eine Umsatzzunahme von 40 %. Die Gebäudeanlagen in Köln haben 12 Mio. DM erfordert.

Nach 171 Kursen mit 3552 Unterrichtsstunden konnte Siemens an seiner Schule für Mikroprozessoren in München den viertausendsten Teilnehmer begrüssen. Das vor zwei Jahren gegründete Institut des Siemens-Unternehmensbereiches Bauelemente führt zehn verschiedene Kurse im Programm; als Schwerpunkt werden in Theorie und Praxis Kenntnisse für die Entwicklung von Mikrocomputer-Systemen vermittelt. Ab dem kommenden Winterhalbjahr werden RTA-85-Kurse, Programmierkurse FORTRAN 80/85 und Systemkurse 8048 zusätzlich angeboten. Im Frühjahr 1979 eröffnet Siemens eine Zweigschule in Düsseldorf, zuständig zunächst für den Grundkurs 80/85 und den Programmierkurs Assembler 80/85.

Das Bundesministerium für Forschung und Technologie hat bei den Forschungsinstituten Mackintosh, Darmstadt, und Prognos, Basel, eine Studie „Technischer Fortschritt – Auswirkungen auf Wirtschaft und Arbeitsmarkt" in Auftrag gegeben. Mackintosh, der über die wohl größte elektronische Datenbank mit Informationen über alle Bereiche der Elektronik verfügt, wird die technischen Aspekte ausleuchten, Prognos nimmt sich der soziologischen und humanitären Implikationen an. Die Studie wird 1,3 Mio. DM kosten.

„In den kommenden zehn Jahren wollen wir uns in Übersee Märkte wieder holen, die an die Konkurrenz aus Billigpreisländern verlorengegangen sind", erklärte Max Grundig einem Vertreter des Pressedienstes vwd. Er deutete auch an, daß sein Unternehmen sich in nächster Zeit verstärkt in den USA engagieren werde, u.U. mit einem amerikanischen Unternehmen zusammen. Große Bedeutung mißt Grundig der Kooperation bei, um der japanischen Konkurrenz begegnen zu können. Die zunehmende Zusammenarbeit mit Philips werde denn auch von den Japanern schon mit Unbehagen betrachtet, vor allem wegen der Kontakte auf dem Gebiet Videorecorder. Hier entwickelt Grundig zusammen mit Philips neue Modelle für die Zukunft. Grundig investierte in Entwicklung und Produktion des VCR-Systems rd. 100 Mio. DM, davon allein 40 Mio. in die neue VCR-Fabrik Nürnberg-Langwasser. – Große Pläne hat Grundig auf dem Hi-Fi-Gebiet; hier sind Produkte für die nächsten zwei Jahre schon fertig. Die Aufwendungen für diesen Sektor für Entwicklung und Werkzeuge belaufen sich auf 60 Mio. DM jährlich. – Der Produktfindung gibt Max Grundig Priorität. Hierfür hat er eine Mannschaft aufgebaut, die nach seinen Worten weder fränkisch noch bayerisch, sondern weltoffen denkt. Grundigs Linie: Junge Leute unterschiedlicher Qualifikation ins Unternehmen zu holen, die dann eine Generation lang der Firma verbunden bleiben sollten. Zur Zeit sei etwa ein Dutzend junger „Produktfinder" in Japan, weitere in den USA, in Frankreich und in der Schweiz.

Auf dem alljährlichen Treffen der Siemens-Jubilare sagte Vorstandsvorsitzer Dr. Bernhard Plettner, daß das wirtschaftliche Klima rauher werden wird. Negative Faktoren sind das Wachsen der Personalkosten im Inland, die Talfahrt des US-Dollars und der Hang vieler Länder, wegen ihrer negativen Handelsbilanzen die Einfuhren aus Deutschland zu drosseln und eigene Fertigungen im Land aufzubauen. Immerhin geht es Siemens noch gut; erstmals nach vier Jahren des Rückgangs stieg die Mitarbeiterzahl wieder um 2000. – Das Volumen des Weltelektromarktes wuchs von 200 Mrd. DM im Jahr 1960 auf 800 Mrd. DM im Jahr 1977 und dürfte 1980 bereits 900 Mrd. DM erreicht haben. Deutschland hatte 1977 am Weltelektromarkt einen Anteil von 8 %; auf die Europäische Gemeinschaft entfielen 22 %, die USA mit Kanada deckten 29 % ab, Japan 13 % und die ölproduzierenden Länder 12 %. Bis 1985 wird der Elektromarkt der Europäischen Gemeinschaft jährlich im Durchschnitt um 5,3 % wachsen, in Japan aber um 7,3 %.
Siemens ist international gesehen das fünftgrößte Elektrounternehmen und am Weltelektromarkt mit 3 % beteiligt. – Zum 131. Gründungstag der Siemens AG wurden an verschiedenen Standorten 3825 Mitarbeiter des Unternehmens mit insgesamt 100 000 Arbeitsjahren geehrt. 20 gehören dem Unternehmen bereits 50 Jahre an, 387 waren 40 Jahre dabei, und 3418 sind 25 Jahre im Unternehmen tätig.

Legalisierung eines bestehenden Zustandes: Das staatliche spanische Fernsehen hat am 27. September offiziell die Übernahme des deutschen Pal-Farbfernsehsystems beschlossen. Diese Entscheidung mußte im Staatsanzeiger veröffentlicht werden, um Rechtskraft zu erlangen.

Bereits 1969 hatte die damalige spanische Regierung eine „Technische Entscheidung" über die Anwendung von Pal getroffen, das dann seit 1975 für die Farbsendungen angewendet wurde.

Das französische Secam-System ist nur sporadisch benutzt worden.

Zur Zeit sendet das spanische Fernsehen fast das ganze Erste und Teile des Zweiten TV-Programms in Farbe. Die Zahl der im Land benutzten Pal-Farbfernsehgeräte liegt bei 1 Million.

Spanien ist das 14. europäische „Pal-Land" und Nr. 45 in der Welt.

Industrie AUSLAND

Nur 7...8 Millionen Videogames (Bildschirmspiele) dürfte der amerikanische Markt in diesem Jahr aufnehmen; 9 und mehr waren vorhergesagt worden. Bis Juli konnte aber nur 1 Million abgesetzt werden, jedoch ist dieser Markt total vom Weihnachtsgeschäft abhängig; mindestens 70 % Umsatz werden im vierten Quartal erzielt. Es hat auch keinen Zweck, im Frühjahr bis Herbst irgendwelche Werbeanstrengungen zu unterneh-

men. Der Handel ist allgemein sehr skeptisch. Er orderte vor dem letzten Weihnachtsgeschäft im großen Umfange und saß nach Weihnachten auf 2...3 Mio. unverkauften Spielen. Hauptumsatzträger sind Versand- und Warenhäuser.

Die Handic Deutschland GmbH, Düsseldorf, Tochter der schwedischen Handic Bolagen, Göteborg, wickelt ihre Geschäfte ab und zieht sich aus der Bundesrepublik Deutschland zurück. Garantieleistungen und der technische Kundendienst gehen auf die Firma Radio Schellhammer, Singen, über. Handic Deutschland profitierte zunächst am Boom bei CB-Funk und erreichte 1977 immerhin 14 Mio. DM Umsatz. Die Lagerbestände wuchsen, und es wurde versucht, Handic-Geräte für die USA, die sich dort aus mancherlei Gründen nicht verkaufen ließen, im Bundesgebiet abzusetzen, und zwar mit kräftigen Preisnachlässen, was der Marke Handic nicht gut bekam: Handic galt fortan als Preisschleuderer. Handic Bolagen ging schließlich in die Hände des Investmentkonzerns Svenska AB Navigator über, der die Millionenverluste in Deutschland nicht mehr hinnehmen möchte und die Liquidierung anordnete. Liquidator ist Prokuristin Susanne Stahre.

Da Jugoslawien keine eigene Farbbildröhren-Fabrik im Land hat und die eingeführten Farbbildröhren mit 35 % Einfuhrzoll belegt sind, kam der Plan auf, daß die vier jugoslawischen Fernsehgeräteproduzenten Riz/Zagreb, Iskra/Ljubljana, Gorenje/Velenje und Cajavec/Banja Luka eine gemeinsame Fabrik für Farbbildröhren errichten. Im Gespräch als Standort ist Nis, die Baukosten werden mit 165 Mio. DM (?) genannt und die Kapazität mit 250 000 Stück pro Jahr. – Wie wir aus zuverlässiger Quelle erfahren, hat der Plan aus vielerlei Gründen wenig Aussicht auf Realisation, schon allein die inner-jugoslawische Konkurrenzsituation scheint ein großes Hemmnis zu sein.

Etwas verwirrt nahmen Hi-Fi-Händler und Hi-Fi-Fans zur Kenntnis, daß es bei der Marke Soundcraftsman Trouble gab. Bis 1977 wurde diese Marke von der Firma Audio Int'l vertrieben, dann aber wurde der Vertrag vom Hersteller gekündigt, worauf Audio Int'l sich das Warenzeichen „SCM-Soundcraftsman" eintragen ließ. Dagegen ging Scope Electronics Vertriebs GmbH & Partner KG vor und erzielte vor dem Landgericht Hamburg eine diesbezügliche einstweilige Verfügung.

Die englische Ferranti-Gruppe (Elektro-, Elektronik- und Maschinenbauunternehmen) erreichte im Geschäftsjahr 1977/78 eine Umsatzsteigerung um 25 % auf umgerechnet 628 Mio. DM und erhöhte den Gewinn nach Steuern um 63 % auf 32 Mio. DM. Das eingesetzte Kapital verzinste sich auf diese Weise mit 14,5 %. Eine höhere Dividende als die ausgeschütteten 9 % wäre möglich, ist aber durch den staatlichen Dividendenstop nicht möglich. Zu dem guten Geschäftsergebnis trug die deutsche Ferranti GmbH (München/Offenbach/Wiesbaden) durch eine Umsatzsteigerung um 90 % (!) bei. Von diesem Umsatz entfielen 55 % auf den Bereich Bauelemente und 38 % auf den Sektor Prozeßrechner. Ferranti hat auch im abgelaufenen Geschäftsjahr eine Anzahl fremder Unternehmen aufgekauft, u. a. den Halbleiterhersteller Interdesign, Sunnyvale/Kalifornien.

Motorola hat mit der britischen Firma Barcreft einen Vertrag über die Lieferung von Mikroprozessoren im Wert von 670 000 Dollar abgeschlossen. Es handelt sich um den M 6800 mit Speichern, Logik- und Steuerbausteinen. Der gegen erhebliche internationale Konkurrenz hereingeholte Auftrag setzte das vor zehn Jahren gegründete englische Unternehmen in die Lage, seine Spielautomaten mit Geldauszahlung zu modernisieren. Barcest hatte im letzten Jahr einen Umsatz von umgerechnet 12 Mio. DM. – Der Vertrag läuft über zwei Jahre; die meisten Bausteine kommen aus dem Motorola-Werk in East Kilbride/Schottland.

Die japanischen Firmen Crown (Japan) Radio Corp. und Cybernet Electronics Corp., vereinigen sich im Oktober unter dem Firmennamen Crown Cybernet Industry; es wird das gesamte Personal übernommen, dazu alle Fabriken, Entwicklungsstellen und die Vertriebsorganisationen. Crown beschäftigt 1000 Mitarbeiter und fertigt Hi-Fi-Anlagen und Fernsehgeräte der Mittelklasse; Cybernet gehört zu den drei größten CB-Geräteproduzenten Japans; 85 % des Umsatzes von 67 Mrd. Yen wurden 1977 damit bestritten; der Rest entfällt auf Audio-Erzeugnisse.

Philips entwickelt und baut ein neues Luftverkehrs-Kontrollsystem für den neuen Verkehrsflughafen Changi Airport, Singapur. Er gehört zu den mit am meisten angeflogenen Flughäfen der Welt; hier soll das Verkehrsaufkommen bis 1980 auf über 80000 Flugzeuge im Jahr steigen. Das neue System heißt Long Range Radar and Display System – LORADS –, es registriert alle ein- und ausgehenden Flugzeuge bis zu einer Entfernung von 250 Meilen und bis 40 000 m Höhe. Es wird bis zu 300 verschiedene Flugzeuge gleichzeitig leiten und bis zu 250 Flugzeuge zur gleichen Zeit registrieren. Zum LORAD-System gehören eine Anzahl Radargeräte, Radarsichtgeräte, Luft/Boden-Kommunikationsanlagen und 20 Computer für den Automationsprozeß und für die Verarbeitung der anfallenden Radar- und Flugdaten sowie für die Kontrolle der Sichtgeräte.

Kurz berichtet

Die National Panasonic Vertriebsges. mbH (Matsushita) will in Hamburg auf einem 40 000 m² großen Gelände ein Zentrallager errichten. Das Unternehmen dürfte 1978 den geplanten Umsatz von 250 Mio. DM erreichen. ● Am 1. Oktober wurde in Wien **der erste Teilabschnitt der Wiener Kabelfernsehanlage mit zunächst 500 Anschlüssen in Betrieb genommen.** Übertragen werden die beiden österreichischen Fernsehprogramme, das bundesdeutsche Erste Programm, Teile des ZDF-Programms und des Bayerischen Fernsehens. ● **In Berlin geht der Preiskampf mit Videorecordern weiter:** VHS und N1700 VCR für 2598 DM, Grundig SVR 4004 mit einer Leerkassette für 2770 DM und Betamax SL 8000 für 2398 DM. ● **Der Umsatz im Radio-Fernseh-Phono-Einzelhandel der Bundesrepublik ging im August um 2 % zurück.** Dank der Rekordumsätze anläßlich der Fußballweltmeisterschaft beträgt das Umsatzplus in den ersten acht Monaten 1978 immerhin noch 10 %. ● **Japan exportierte im August 82 000 Videorecorder oder plus 192 % gegenüber August 1977.** Die Ausfuhr von Videokassettenrecordern erreichte in den ersten acht Monaten 42 Mrd. Yen – oder fast soviel, wie der Export von Farbfernsehgeräten einbrachte (49 Mrd. Yen). ● **Der Flughafen Düsseldorf bekommt fünf 44-Kanal-Dokumentations-Tonbandanlagen für die Aufzeichnung der Gespräche zwischen Tower und den Flugzeugen.** Damit hat Philips 80 % aller auf deutschen Flughäfen benutzten Maschinen dieser Art geliefert; sie stehen übrigens auf 120 Großflughäfen in der Welt. ● In den USA gibt es nach einer Zählung der FCC gegenwärtig 15,1 Mio. Funkstationen für mobilen Funk, Sicherheitszwecke und sonstigen Betrieb. **An der Spitze stehen die in den USA lizenzpflichtigen CB-Stationen (13,7 Mio.). 1977 wurden 10,5 Mio. CB-Stationen gezählt, 1976 waren es 5 Mio. und 1975 erst 2,7 Mio.** ● Die Rockwell International Corp. **hat die Produktion von Fernsehgeräten der Admiral-Gruppe in den USA und auf Taiwan eingestellt, weil dieser Zweig ständig Verluste brachte** und ein Käufer nicht zu finden war. ● **Auch die österreichische Tonträgerindustrie wünscht eine „Leistungsschutzgebühr" auf Leerkassetten;** sie soll 15 % vom Verkaufspreis betragen. ● **Kenia wird demnächst das Farbfernsehen einführen, Geräteproduzent wird die Gruppe Armco/Sanyo sein;** Einfuhren sind gestattet, werden aber mit einer hohen Luxussteuer belegt.

Zur Person

Dieter Argenton, Braunschweig, ist der neue Vorsitzende des Beirates von Bild + Ton Expert. Weitere Beiratsmitglieder sind Paul Flösch, Freiburg, Josef Kappenberger, Cham, und Norbert Loskill, Castrop-Rauxel. – Der bisherige Beirats-Vorsitzende, **Hans S. Suhr,** 63, trat aus Altersgründen zurück.

Robert Pokorski, 42, hat die Geschäftsführung der Firma Simac Electronics GmbH, Darmstadt, übernommen. Er kommt von Princeton Applied Research, München, vorher war er u.a. bei Keithley Instruments, München. – Simac Electronics hat in München 80, Balanstr. 168, ein Zweigbüro eröffnet.

Dipl.-Kaufmann Gerd vom Hövel, Geschäftsführer der Münchener Messe- und Ausstellungsgesellschaft mbH, wurde vom Präsidenten der Republik Italien mit der Auszeichnung eines Cavaliere Ufficiale des Ordens „Al Merito della Republica Italiana" bedacht, dies in Würdigung seiner Verdienste um die deutsch-italienischen Beziehungen in Wirtschaft, Wissenschaft und Technik.

Manfred Kunath, 36, Ing. der Nachrichtentechnik und Betriebswirtschaftler, seit 1971 bei DuPont de Nemours (Deutschland) GmbH, Frankfurt/Main, ist dort seit dem 1. September Verkaufsleiter der Abteilung elektronische Materialien, u.a. Dickschicht- und Leitsilberpasten. Daneben hat er die Verantwortung für das anwendungstechnische Laboratorium in Hemel Hempstead/England.

Otto Scheffler, bis zum 31. 12. 1973 Technischer Direktor des Deutschlandfunks, Köln, vollendete am 29. 9. sein 70. Lebensjahr.

Hans-Georg Schöner übernahm am 1. Oktober bei Nordmende die Verkaufsabteilung Einzelhandel. Vorher hatte er zehn Jahre lang die Niederlassung Dortmund von Loewe Opta geleitet.

Klaus Lipinski, 35, ist seit dem 1. Oktober neuer Repräsentant des Franzis-Verlages für Nordrhein-Westfalen. Er hat eine Ausbildung als Elektroingenieur hinter sich und war zehn Jahre bei der Rohde & Schwarz Vertriebs GmbH, Köln, auf dem Gebiet Werbung und Marketing tätig, so daß er mit den Anforderungen der Werbung im Elektronikbereich bestens vertraut ist. Lipinski ist auch als Buchautor und als Verfasser von Fachaufsätzen, u.a. in der ELEKTRONIK, bekannt. Die Anschrift des Verlagsbüros lautet: Moosweg 14, 5024 Pulheim, Telefon: 0 22 38/5 73 97.

Hans-Karl Lenhard, Versandleiter bei Bühler-Elektronik, Baden-Baden, ist jetzt zwanzig Jahre bei diesem gewiß nicht leichten Job, bei dem es insbesondere in der Hochsaison heiß hergeht.

Burkhard Oelmann übernahm die regionale Verkaufsleitung im Gebiet Nord für die Uher-Werke, München. Er war zuletzt stellvertr. Verkaufsleiter der Elac, Kiel.

„Die nächsten vier Millionen an Hi-Fi interessierten Käufer werden überwiegend Musikliebhaber, die wenigsten Dezibel- bzw. Sinus-Fanatiker sein"
Nordmende bei der Einführung seines Philharmonic-Hi-Fi-Systems

Hermann Jäger, der „Wellen-Jäger", unseren Lesern bestens bekannt, wurde mit Gattin von der BBC London zur Feier „40 Jahre Auslandsprogramme der BBC in Deutsch, Französisch und Italienisch" eingeladen. Nach einer Pressekonferenz lud Sir Michael Swann, Chairman des Board of Governors, zu einem festlichen Empfang.

Wettbewerbe

Die Marconi International Fellowship schreibt 1979 zum 5. Mal einen Preis von 25 000 engl. Pfund (rd. 95 000 DM) aus. Ausgezeichnet werden soll eine Persönlichkeit, die sich um außergewöhnliche Fortschritte in der Satelliten- und Raumfahrttechnologie mit Erfolg bemüht hat. Die Arbeit soll eine Beziehung zur Verbesserung der weltweiten Kommunikation haben. Auskünfte: The Marconi International Fellowship, Aspen Institute for Humanistic Studies, 1919 Fourteenth Street, No. 811, Boulder, Colorado 80302, USA.

Um den H.R. Worthington Award, ausgestattet mit 10 000 Dollar und gesponsort von der EG-Kommission in Brüssel, haben sich mehr als 100 junge Forscher beworben (34 aus Italien, 14 aus Deutschland, 10 aus Frankreich, 6 aus Spanien, die übrigen aus Skandinavien, Ost- und Südost-Europa). Die Federführung liegt beim Von Karman Institute for Fluid Dynamics, Brüssel.

Bei dieser Gelegenheit erinnern wir an den FUNKSCHAU-Preis 1979, ausgestattet mit 20 000 DM. In Heft 19/78 standen die Ausschreibungsbedingungen; Sonderdrucke sind zu haben bei der FUNKSCHAU-Redaktion, Karlstr. 41, 8000 München 2, (Telefon 0 89/5 11 73 15).

Handel und Vertrieb

Die englische Einzelhandelskette Marks & Spencer, vornehmlich bekannt durch ihre feinen Strickwaren, bietet jetzt in zwanzig Filialen auch Schallplatten und Musikkassetten an. Die Aufnahmen stammen von renommierten Firmen wie PYE, CBS, Phonogram und Polydor. Wenn das Experiment glückt, will Marks & Spencer in sämtlichen 253 Filialen Tonträger anbieten. Das Unternehmen steht mit diesem Vorgehen nicht alleine da, auch andere branchenfremde britische Ladenketten haben Schallplatten und Musikkassetten in den Vertrieb genommen, wodurch sie das Mißfallen des Fachhandels erregen.

Die Wega Radio GmbH, Fellbach, hat nach dem Wechsel in Österreich auch ihre Repräsentanz in Belgien geändert. Wega und die Invor Electronics S.A. lösten im gegenseitigen Einvernehmen ihre Beziehungen, Invor wird aber Service und Garantieabwicklung noch bis Jahresende wahrnehmen. Neuer Wega-Generalimporteur ist die MEM Belgium S.A.

Die Firma Hermann Adam & Co. KG, München, bestand am 1. Oktober 30 Jahre. Sie ist einer der ältesten Vertragshändler von passiven Bauelementen für die Elektronik-Industrie in Südbayern.

Das Spezialröhrenprogramm von Rank Electronic Tubes, England, wird ab sofort von dem Esslinger Vertrieb Spezialröhren und Spezialprodukte der ITT Bauelemente Gruppe Europa ausgeliefert. Es handelt sich um Radar-Bildröhren, Monitor- und Displayröhren, Scanning-Röhren, flugelektronische Röhren wie head-up- und head-down-Displays sowie um Projektionsröhren. Es werden auch kundenspezifische Katodenstrahlröhren angeboten.

Bei den Dittha Elektrogroßhandlungen (Deutsche ITT Handelsgesellschaft mbH & Co.) verläuft das Geschäft gut, wie bei der Einweihung des neuen 9-Mio.-DM-Zentrallagers in Nürnberg bekanntwurde. Der Gesamtumsatz erreichte im Vorjahr rd. 380 Mio. DM; im laufenden Jahr zeichnet sich eine „angemessene" Zuwachsrate ab. – Im Bundesgebiet gibt es heute rd. 900 Elektrogroßhandlungen mit einem Gesamtumsatz von 10 Mrd. DM (1977). 1978 dürften 10,6 Mrd. DM erreicht werden, und bis 1983 soll der Jahresgesamtumsatz auf 13,6 Mrd. DM steigen.

Bei der Tagung der Ruefach, der dritten Einkaufsgenossenschaft der Radio-Fernseh-Phono-Elektroeinzelhändler, in Travemünde wurde mitgeteilt, daß die Organisation auf 560 Mitgliedsfirmen angewachsen ist; der Umsatzzuwachs betrug 30 %. Die 440 Mitgliedsfirmen des Jahres 1977 tätigten über die Ruefach 132 Mio. DM Umsatz (ohne MwSt.) und zusätzlich 73,7 Mio. DM im Vermittlungsgeschäft. Es scheint sich eine engere Kooperation mit den österreichischen Funkberatern anzubahnen. Andreas Brandt ist sowohl Vorstandsobmann dieser Organisation als auch Geschäftsführer der Ruefach.

Auf der Funkberater-Tagung vom 26. bis 30. September in Baden bei Wien konnten 64 Aussteller gezählt werden. Von den 214 österreichischen Gesellschaftern waren 209 Firmen mit mehr als 450 Personen vertreten; es konnten Dispositionen für die kommenden vier Monate in Höhe von 320 Mio. öS getätigt werden (+10 %). Bei den Lieferanten schied Körting aus, neu hinzu kam Saba, nicht gelistet wurden Radione und Salora. Es wurde beschlossen, mit dem Fotohandel Fühlung auf-

zunehmen mit dem Ziel der Sortimentsabstimmung auf dem Hi-Fi-Sektor und Klärung der nicht vermeidbaren Überschneidungen bei Videorecordern und Farbfernsehkameras. Der Funkberaterring wird alle Firmen, die dem Fotohandel forciert Hi-Fi-Geräte liefern, etwa Akai, Pioneer, Kenwood, Hitachi, Tandberg und JVC, ab 1.4.1979 nicht mehr in die Listen aufnehmen. Im Streit mit dem österreichischen Großhandel, der die Spalten der Händlerzeitschriften gefüllt hatte, scheint eine eindeutige Klärung aus gewerberechtlichen Gründen nicht möglich zu sein.

Veranstaltungen und Termine

Eine Fachtagung „Bilddarstellende Systeme und Technologien für neue Kommunikationsformen" veranstaltet der Fachausschuß 6 „Technische Informatik" der Nachrichtentechnischen Gesellschaft im VDE vom 13. bis 15. März 1979 (neuer Termin) in Berlin. Es sollen künftige Kommunikationsformen im Individualbereich und im institutionellen Bereich dargestellt werden; neue Entwicklungen, sich abzeichnende Trends und kritische, bisher ungelöste Probleme werden aufgezeigt. Themenkreise: Die Mensch-Maschine-Schnittstelle, Bediener-Führung, Benutzersprache, hochauflösende Sichtgeräte, Hardcopygeräte, Displayprozessoren, intelligente Displayterminals sowie vorhandene und geplante Systeme.
Auskunft: VDE -Zentralstelle Tagungen, Stresemannallee 21, 6000 Frankfurt/Main 70, Tel.: 06 11/6308-2 03.

Am 5. September weihte Handelsminister Arne Christiansen das neue „International House" im Bella Center, Kopenhagen, ein. In diesem viergeschossigen Bau befinden sich auf 5 336 m² eine Geschäftsstraße, permanente Ausstellungen für Gold- und Silberwaren und Elektronik, dazu Büros der internationalen Handelsvertretungen im 2. und 3. Stock.

AV

Das Bibliographische Institut AG, Mannheim, ist nach eigener Angabe der erste deutsche Verlag, der daran arbeitet, das Bildschirmtext-System der Deutschen Bundespost für die Speicherung und Verbreitung lexikalischer Informationen zu verwenden. Man sieht es so: Der Benutzer braucht sich nicht mehr die dicken Lexikonbände ins Regal zu stellen, sondern muß nur die Einrichtung für Bildschirmtext (entsprechend ausgerüstetes Fernsehgerät plus Post-Modem) haben, dazu die Kenntnisse, wie er das System abfragt. Natürlich ist das noch Zukunftsmusik, denn zur Zeit läuft nicht mehr als ein nichtöffentlicher technischer Bildschirmtext-Versuch, die offizielle Einführung ist erst für 1982 vorgesehen. Allerdings ist zu bedenken, daß Bildschirmtext weder farbige noch Halbton-Bilder übertragen kann und nur sehr beschränkt Grafiken. Der Vorteil: die lexikalischen Informationen lassen sich leicht auf den jeweils neuesten Stand bringen. Im Lexikon hat man alle Angaben plus Bilder jederzeit zur Hand, beim Bildschirmtext ohne Benutzung eines teuren Druckers nur das flüchtige Schriftbild auf dem Schirm. – Übrigens wurden die Begriffe in der Berichterstattung über dieses Vorhaben des Bibliographischen Instituts munter vertauscht; es war die Rede vom postalischen Videotext. Das ist falsch; Videotext ist die Textübertragung über Fernsehsender – richtig mußte es Bildschirmtext heißen.

CB

Der Deutsche CB-Dachverband e. V. (DCBD) ist jetzt ein Jahr alt. Gegründet auf der DEFACTA in Konstanz 1977, hatte er ein Jahr später rd. 5000 Mitglieder, die sich auf 52 Vereine in sechs Landesverbänden verteilen. Der Verband will vor allem die Presse- und Informationsarbeit und die Kontakte zur Bundespost verbessern. Er gehört auch dem Europäischen CB-Dachverband ECBF an. Angestrebt wird die Bildung einer „Deutschen Frequenzkommission" in Zusammenarbeit mit Bundespost, Industrie und Presse. Der neue DCBD-Vorstand setzt sich wie folgt zusammen:
1.. Vorsitzender Franz Vedder, Wolfsburg („Foxtrott Domino")
2. Vorsitzender Ralph Gorenflo, Rüsselsheim („Bellamy")
Geschäftsführer Osmund Schmidt, Kaiserslautern („Götz")

Sender und Programme

Radio Nederland, die Auslandsorganisation des niederländischen Rundfunks, wird in der Nähe des Senderzentrums Lopik eine neue Kurzwellenfunk-Anlage im Wert von 60 Mio. Gulden errichten. Sie wird aus vier 500-kW-Kurzwellensendern und neuartigen Antennen bestehen.

In den USA ist in den letzten 20 Jahren die Zahl der kommerziellen Hörfunksender auf MW und UKW von 3717 auf 7470 und die der Fernsehsender von 495 auf 723 gewachsen.

Die indonesische Regierung wird in dem ab 1.4.1979 laufenden 3. Fünfjahres-Entwicklungsplan etwa (umgerechnet) 150 Mio. DM für den Ausbau des Rundfunkwesens aufwenden. Zur Zeit gibt es in diesem Inselstaat 49 zentrale und regionale Studios und 181 Sender mit 2166 kW Gesamtleistung. Während der Planperiode sollen 44 neue Rundfunkstationen für den Inlandsdienst errichtet werden, so daß die Gesamtleistung auf 7000 kW ansteigt; für den Auslandskurzwellendienst sind zusätzliche Sender mit zusammen 3000 kW Leistung in Vorbereitung. Für die weiterhin geplanten neuen Fernsehsender werden Dreifach-Generatorsätze aufgestellt, denn viele Sender werden jetzt auf Inseln errichtet, die über keinen oder nur über einen unzuverlässigen Netzanschluß verfügen.

Südafrika

Die Südafrikanische Rundfunkgesellschaft (South African Broadcasting Corp. – SABC) verzeichnete 1977 eine Hörfunk- und Fernseh-Gebühreneinnahme von 51 Mio Rand (1 R = 2.45 DM). Dazu trugen 2,4 Mio. Hörfunkteilnehmer mit 15,4 Mio. R bei, und etwa 1 Mio. Fernsehteilnehmer zahlten 35,2 Mio. R. Hinzu kommen 28 Mio. R aus der Hörfunkwerbung und 25,4 Mio. R aus sonstigen Quellen (u. a. staatliche Zahlungen). Die Gesamtausgaben beliefen sich auf 101,3 Mio. R (83,9 Mio. R Betriebskosten, 15,4 Mio. R Kapitalaufwand wie Zinsen und Amortisation von Anleihen und 2 Mio. R „Verschiedenes"). Das Fernsehen bekam von den Betriebskosten rd. 55 % zugeteilt. Die SABC hatte im 1. Quartal 1978 eine 8-Prozent-Anleihe in Höhe von 35 Mio. DM in der Bundesrepublik Deutschland aufgenommen. Ab 1978 werden die Werbeeinnahmen kräftig steigen, denn seit Jahresbeginn ist auch Werbung im Fernsehen erlaubt. Auf der anderen Seite ist die Lage der Fernsehgeräteindustrie desolat. Nach zwei Jahren eines fast raketenartigen Booms, der von sechs Herstellern mit einer Gesamtkapazität von 600 000 Geräten gedeckt wurde, dürften 1978 nur noch 180 000 Geräte absetzbar sein, davon 90 000 Farbempfänger, 20 000 SW-Tischgeräte und 70 000 SW-Portables. Diese Schätzungen sind sehr optimistisch, denn im 1. Halbjahr 1978 konnten z. B. erst 25 000 SW-Portables abgesetzt werden. Nahezu die Hälfte aller Bauelemente für SW- und 30 % der Teile für Farbempfänger werden jetzt schon im Land selbst gefertigt. Der größte Einfuhrposten sind Bildröhren, die zur Gänze eingeführt werden müssen; dafür wurden 1977 rd. 9,50 Mio. R ausgegeben. Noch immer gibt es keine TV-Programme für die schwarze Mehrheit.

Kühlsystem für nachrichtentechnische Geräte

Eine kleine Nachrichtenstation in der nordafrikanischen Wüste wird durch die Verlustleistung ihrer Richtfunk-Verstärker ständig aufgeheizt. Trotzdem ist es im Innern des isolierten Shelters selbst in der größten Mittagshitze um etwa 10 °C kühler als draußen. Für diese ohne Pumpe und Ventilator völlig energielos bewirkte Kühlung sorgt ein „Gleichrichter"-System von Luft- und Wasserkreisläufen, das von Siemens entwickelt wurde (*Bild 1*). Etwa nach dem Funktionsprinzip einer Schwerkraft-Warmwasserheizung entzieht das System dem Innenraum tagsüber die Wärme, speichert sie in einem Wassertank und gibt sie nachts an die Umgebung ab.

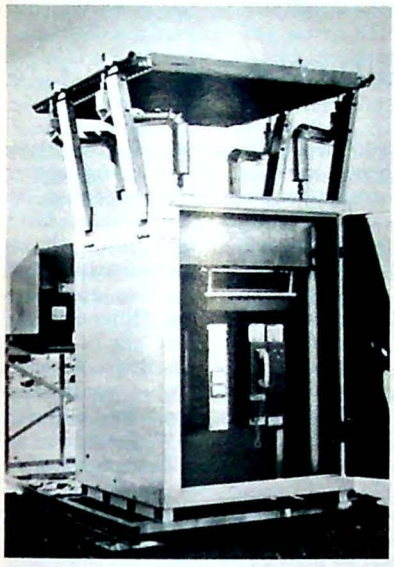


Bild 1. Diese Richtfunk-Nachrichtenstation in der nordafrikanischen Wüste ist mit dem neuen Kühlsystem ausgestattet. Man erkennt den inneren und äußeren Wärmetauscher sowie den zentralen Wassertank. Hinter dem Shelter befinden sich Thermogeneratoren zur Stromversorgung der Station

Das energielose Kühlsystem, das auf den durch unterschiedliche Temperaturen hervorgerufenen Dichte- bzw. Gewichtsunterschieden von Flüssigkeiten beruht, setzt sich aus drei Kreisläufen zusammen. Die von den Geräten aufsteigende warme Luft wird im Shelter zunächst von einem Leitblech dem Wärmetauscher A zugeführt, wo sie abkühlt und deshalb wieder nach unten zu den Geräten strömt (*Bild 2*). Den zweiten Kreislauf bildet das im Tauscher A befindliche Wasser. Es erwärmt sich, dehnt sich somit aus und gelangt aufgrund seines geringeren spezifischen Gewichts durch ein Steigrohr zu einem zentralen Tank innerhalb des Shelters, während ein Fallrohr mit kühlerem Wasser im Tauscher A für Nachschub sorgt.

Der Wärmetauscher B, der den Tank mit der Außenwelt verbindet, ist tagsüber am wärmsten, so daß hier kein Kreislauf zustande kommt. Sobald jedoch in der Nacht die Außentemperatur unter die Tanktemperatur sinkt, entwickelt sich der dritte und entscheidende Kreislauf. Das Wasser aus dem Tauscher B kühlt – wiederum über Fall- und Steigrohr – den Tankinhalt so lange ab, bis sich die Dichten angeglichen haben bzw. bis die Umgebungstemperatur wieder über die Tanktemperatur steigt. Das auf diese Weise erkaltete Reservoir dient nun am Tag zur automatischen Kühlung des Innenraums.

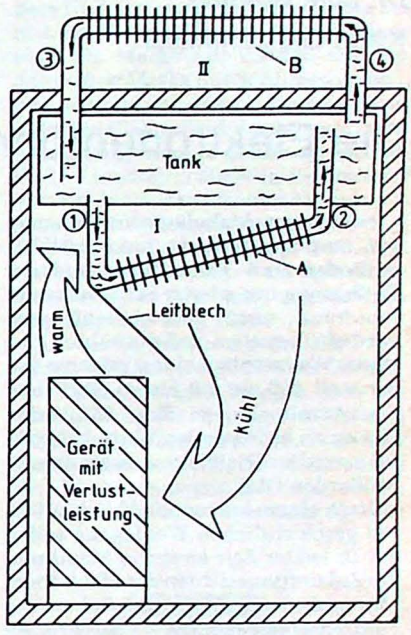


Bild 2. Funktionsschema des Kühlsystems; I = innerer Wasserkreislauf, II = äußerer Wasserkreislauf, A = innerer Wärmetauscher, B = äußerer Wärmetauscher, 1 = Fallrohr zu A, 2 = Steigrohr von A, 3 = Fallrohr von B, 4 = Steigrohr zu B

Nach Redaktionsschluß

Bildplatten für die Selbstaufnahme

Noch sind die optischen Bildplatten nicht auf dem Markt, da kommen schon erste Berichte über jeweils eine amerikanische und eine kanadische Erfindung, mit deren Hilfe eines Tages Bildplattenspieler für die Selbstaufnahme entwickelt werden könnten. In beiden Fällen werden die Informationen mit Festkörper-Lasern in speziell präparierte Platten eingebrannt; bei der Platte von Jerry Drechsler (Mountain View/Kalif.) sind die „pits" etwa 0,8 µm groß, etwa ähnlich wie bei der Philips-VLP. Die Drechsler-Platte könnte sogleich mit Leitspuren („Rillen") geliefert werden. Der Laser hat eine Leistung von 1,7 mW. Zunächst hat der Erfinder seine Platte als Datenspeicher konzipiert; eine 4-Zoll-Platte (10,1 cm Ø) für 10 Dollar kann angeblich ebenso viele Daten speichern wie zehn 14-Zoll-Magnetplatten (35,5-cm-floppy).

John Locke, Toronto, verspricht sogar eine löschbare Bildplatte, man kann Einzelbilder oder aber die ganze Aufzeichnung löschen und die Platte wieder verwenden. Allerdings sind die Entwicklungen noch nicht abgeschlossen, zumindest was das Löschen und Wiederbespielen angeht. Für diese Anlage sind Laser mit 5...10 mW Leistung nötig.

Auch der amerikanische Philips-Bildplatten-Partner, die MCA Disco-Vision Inc., experimentiert mit zu bespielenden Bildplatten, zunächst als Datenspeicher vorgesehen und mit einem einfachen Gerät leicht zu kopieren, ohne daß vorher, wie bei der Schall- oder Bildplatte, ein Master angefertigt werden muß.

Die vorstehend skizzierten Neuerungen sind so neu wieder nicht. Die Robert Bosch Elektronik führte schon mehrfach eine mit Laser bestückte Bildplatten-Aufzeichnungsanlage vor, und der Nürnberger Erfinder Rabe demonstrierte mit mehr oder minder Erfolg eine Magnetplatte für Speichern und Löschen von Fernsehprogrammen. Um diese letztgenannte Erfindung ist es aber wieder still geworden.

Elektronenröhren sind die klassischen aktiven Bauelemente; sie haben die Nachrichtentechnik möglich gemacht und im Laufe ihrer Entwicklung vielfältige Aufgaben übernommen: die Erzeugung und Verstärkung elektromagnetischer Wellen, die Umwandlung elektrischer Signale in Bilder (Bildröhren) und umgekehrt die Umwandlung von Bildern in elektrische Signale (Bildaufnahmeröhren) sowie die Verstärkung von Bildern (Bildverstärkerröhren). Darüber hinaus gibt es noch weitere wichtige Röhrengruppen, wie die Röntgenröhren zur Erzeugung energiereicher elektromagnetischer Strahlung und die Gasentladungsröhren, die als Anzeigen und Strahlungsdetektoren Anwendung finden.

Dr. Jork Bretting
Klaus Ganzenmüller

Die Elektronenröhre im Zeitalter des Halbleiters

1. Teil

Nach der spektakulären Verdrängung der Empfängerröhren durch Halbleiterdioden und Transistoren und der Einführung integrierter Schaltungen in Rundfunk- und Fernsehempfängern wird oft übersehen, daß die Röhren eine starke Weiterentwicklung erfahren haben und daß sie mit einem jährlichen Umsatzvolumen von über 7 Milliarden DM einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor darstellen (Halbleiterumsatz über 14 Milliarden DM).

Nach einem kurzen Rückblick auf ihren geschichtlichen Werdegang sollen der in letzter Zeit erreichte Stand und die Zukunftsaussichten der Elektronenröhren als Senderöhren und Röhren zur Fernsehbilderzeugung beschrieben werden. Des weiteren soll an einigen Beispielen gezeigt werden, wie es gelingt, durch Kombination der Halbleiter- und der Röhrentechnik zu Röhren mit höherwertigen Eigenschaften zu gelangen. Schließlich wird dargestellt, wie die Fortschritte in der Röhrentechnologie die Entwicklung von neuen Bauelementen ermöglichen, die man im engeren Sinne nicht mehr als Elektronenröhren bezeichnen kann.

Die Elektronenröhre ist im Zeitalter des Halbleiters sehr vielfältigen und hochwertigen Anwendungen besser als andere Bauelemente gewachsen und wird ihren Platz in der Elektronik und Nachrichtentechnik noch lange behaupten. Es werden auf lange Zeit Halbleiter und Röhren nebeneinander und in gegenseitiger Ergänzung zur Lösung immer anspruchsvollerer Aufgaben verwendet werden.

Geschichtlicher Werdegang der Elektronenröhre

Die Elektronenröhre kann auf eine lange Geschichte zurückblicken. Bereits im Jahre 1897 hat Professor Braun die erste, damals noch gasgefüllte Elektronenstrahlröhre gebaut, deren Weiterentwicklung als Bildröhre heute Kernstück jedes Fernsehempfängers ist. Im Jahre 1906 entstand die erste Verstärkerröhre (Liebenröhre). Die Gasfüllung ist später dem Hochvakuum (heute bis 10^{-10} mb) gewichen, in welchem sich freie Elektronen bedeutend besser steuern lassen (*Bild 1*). Diese beiden Erfindungen kennzeichnen bereits die auch heute noch existierenden Hauptgruppen: die Röhren zur Erzeugung und Verstärkung von Schwingungen und die Elektronenstrahl-Wandlerröhren.

In der ersten Zeit lag der Schwerpunkt der Röhrentechnik bei der erstgenannten Gruppe. Die Entwicklungsarbeiten führten nicht nur zu immer besseren Röhrenkonzepten, sondern auch zu einer laufenden Vervollkommnung der Röhrentechnologie (Übergang vom Quetschfuß zum Scheibenfuß, Einführung von aluminiumplattiertem Eisen für Anoden usw.). Ein typisches Beispiel ist die mit der Einführung des Fernsehens notwendig gewordene Erschließung des Frequenzbereiches bis 900 MHz mit Empfängerröhren. Als Ergebnis intensiver Entwicklungsarbeiten entstanden 1960 die rauscharmen Trioden PC 86 und PC 88 mit sehr hoher Steilheit bei niedrigem Strom. Um die zur Vermeidung unerwünschter Laufzeiteffekte bei hohen Frequenzen notwendigen geringeren Gitter-Katoden-Abstände von wenigen µm zu realisieren, mußte die Spanngittertechnik neu eingeführt werden. Dabei wurde auf einen Rahmen aus präzise geschliffenem Molybdän ein 8-µm-Wolframdraht gewickelt. Durch den höheren Ausdeh-

Bild 1. Elektronik nach dem ersten Weltkrieg. In dieser Hochvakuum-Verstärkertriode EVE 173 konnte man beinahe von außen die Elektronen fliegen sehen, und zwar von der direkt geheizten Spannkatode durch das Wendelgitter zum Anodenzylinder.

Dr.-Ing. Jork Bretting (Jahrgang 1935). Studium der Nachrichtentechnik an der TH München. Entwicklungs-Ing., später Leiter der Entwicklungs-Abt. Mikrowellenröhren bei AEG-Telefunken. 1971 Promotion zum Dr.-Ing. an der TH Aachen. 1975 Leiter der Entwicklungsfachgruppe „Technische Röhre" AEG-Telefunken Serienprodukte, Ulm, und seit 1977 Leiter der Entwicklung im Geschäftsbereich Röhren und Baugruppen.

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Klaus Ganzenmüller (Jahrgang 1935) trat nach seinem Studium an der TH München 1960 bei Telefunken, Geschäftsbereich Röhren, Ulm, ein. 1970 wurde er Technischer Werkleiter und zusätzlich Fertigungsleiter im Fachbereich Röhren, 1976 Leiter des Fachbereiches Röhren. Seit 1977 ist er Leiter des Geschäftsbereiches Röhren und Baugruppen.

nungskoeffizienten von Mo bleibt das Gitter auch bei Erwärmung durch die Katode immer gleichmäßig gespannt.

Der Beginn der zu größeren Übertragungskapazitäten führenden Mikrowellenröhren-Entwicklung geht auf Barkhausen und Kurz zurück, die 1919 die nach ihnen benannten Bremsfeldschwingungen in einer Senderöhre entdeckten. Das erste (Nullschlitz-) Magnetron wurde 1921 von A. Hull erfunden, während die heute ausschließlich verwendeten Vielschlitzmagnetrons 1940 entstanden. Die ersten Klystrons wurden 1937 von den Brüdern Varian und Hansen gebaut und geprüft, nachdem O. und A. Heil bereits 1933 das Prinzip der Geschwindigkeitsmodulation entdeckt hatten. Die von Kompfner im Jahre 1943 erfundene Wanderfeldröhre löste die ursprünglich in Richtfunkstrecken verwendeten Scheibentrioden ab. 1960 wurde die Wanderfeldröhre erstmals aus USA und 1972 erstmals aus Europa als Senderöhre in Satelliten im Weltraum eingesetzt.

Die weiterentwickelte Braun'sche Röhre wurde 1924 erstmals für den Schwarzweiß-Fernsehempfang verwendet (*Bild 2*). Im Jahre 1949 wurde in den USA die Maskenröhre für den Farbfernsehempfang eingeführt. Ihre Geschichte könnte heute schon Bände füllen; dabei ist diese wohl bekannteste Elektronenröhre vielleicht eben an der Halbzeit ihrer Anwendung angelangt. Die erste Bildaufnahmeröhre (Ikonoskop) wurde 1935 von Zworykin entwickelt, während die ersten Bildwandlerröhren 1937 entstanden.

Diese Entwicklungen waren nur möglich durch die gleichzeitig erzielten Fortschritte in der Röhrentechnologie. Hier sollen nur einige besonders wichtige erwähnt werden:

- Technik der Glas-Metall-Verbindungen
- Metall-Keramik-Technik
- Katodentechnik (Vorratskatoden mit hoher Stromdichte)
- Leuchtschirmtechnik
- Ultra-Hochvakuum-Technik

Die Elektronenröhre zur Bilderzeugung

Die größte wirtschaftliche Bedeutung von allen Elektronenröhren hat die Farbbildröhre mit einem Jahresumsatz von zur Zeit 28 Mio. Stück (ca. 5 Milliarden DM) ohne Ostblock. Sie ist ein typisches Beispiel dafür, daß es der Röhrentechnik gelungen ist, äußerst komplexe Anordnungen mit höchsten Anforderungen an die Genauigkeit in großen Serien herzustellen. Dies war nur möglich durch intensivste Anstrengungen auf dem Gebiet der Fertigungstechnik.

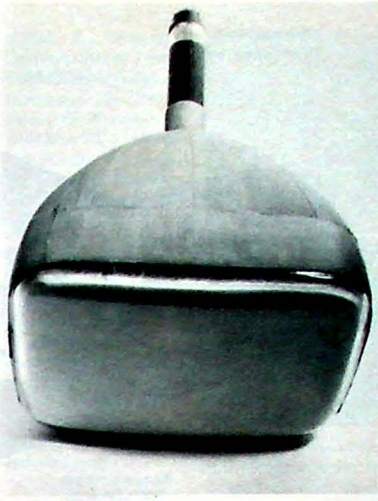


Bild 2. Die magnetisch abgelenkte 30-cm-Schwarzweiß-Bildröhre B 30 M 1 wurde 1939 von Telefunken industriell hergestellt. Durch den zweiten Weltkrieg wurde die Entwicklung dann lange aufgehalten. Die Textilhaut diente als Implosionsschutz

Von der ursprünglich runden Röhre hat man sich immer stärker dem rechteckigen Format angenähert. Die früher als Implosionsschutz notwendige Schutzscheibe vor der Röhre wurde entbehrlich, als es gelang, die Auswirkungen einer Implosion durch einen am Umfang des Schirms aufgebrachten Schutzrahmen auf ein ungefährliches Maß zu reduzieren.

Ein wesentlicher Schritt wurde mit dem Übergang von der Delta-Röhre zur In-Line-Röhre vollzogen [1]. Bei dieser wird die Maske mit runden Löchern durch eine Maske mit Schlitzen ersetzt, und anstelle der drei im Dreieck angeordneten Elektronenkanonen wird eine Anordnung in einer Ebene verwendet. Die In-Line-Röhre bildet in Verbindung mit den dafür entwickelten Ablenkspulen ein selbstkonvergierendes System der Fernsehbilddarstellung. Den schematischen Aufbau einer modernen In-Line-Farbbildröhre mit zugehörigen Ablenkspulen zeigt *Bild 3*.

An der Verbesserung der Farbbildröhren wird laufend gearbeitet. Die letzten Verbesserungen bezogen sich auf die Erhöhung der Helligkeit von ca. 100 cd/m² auf ca. 200 cd/m² durch Einsatz besserer Leuchtstoffe, durch Erhöhung der Maskentransmission und durch Verringerung der Graufärbung des

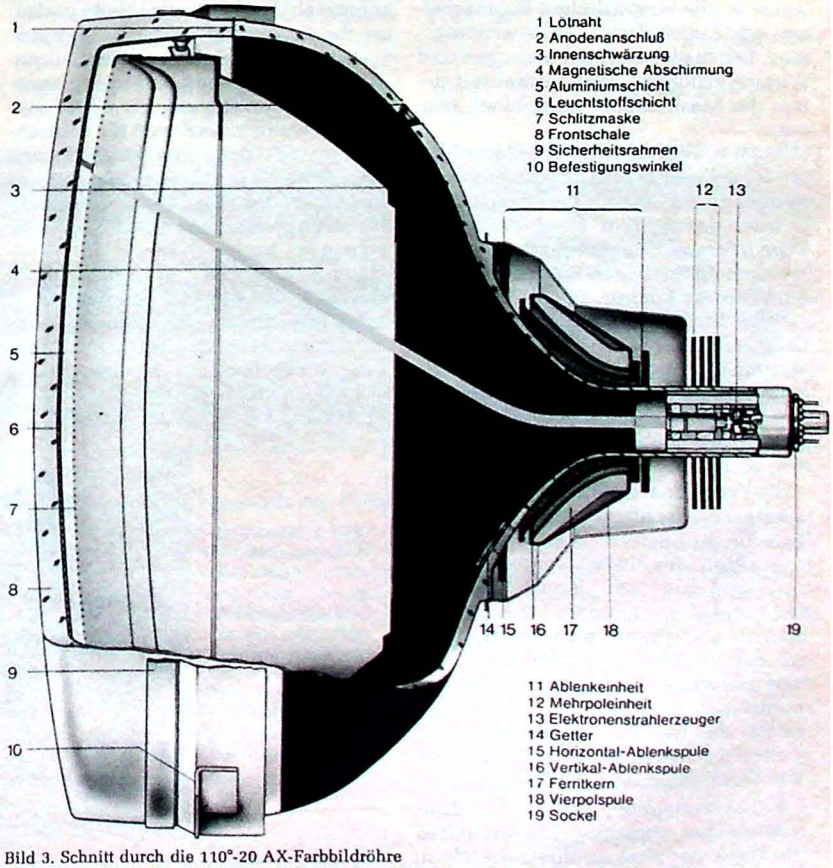


Bild 3. Schnitt durch die 110°-20 AX-Farbbildröhre

Frontschalenglases [2]. Einer weiteren Erhöhung der Helligkeit steht das immer stärker bemerkbare Flimmern des Bildes bei der Bildwechselfrequenz von 25 Hz im Wege. Die weiteren Entwicklungen werden sich deshalb mehr auf die Erhöhung des Kontrastes und der Bildschärfe konzentrieren. Wegen der ausgezeichneten Bildqualität, die mit den auf dem Markt befindlichen Maskenröhren erreicht wird, des großen Wirkungsgrades, der leichten Ansteuerung und weiterer noch zu erwartender Verbesserungen wird die Maskenröhre noch für längere Zeit ihre beherrschende Stellung für die Farbfernsehwiedergabe behalten.

Trotz der Vorteile der Maskenröhre führten das Gewicht und das relativ große Volumen der Fernsehempfänger mit Röhre zum Wunsch nach der Entwicklung eines flachen Bildschirms, natürlich in Farbe. Es wurden verschiedene Wege zur Erreichung dieses Ziels eingeschlagen. Die wichtigsten sind:

Gasentladungs-Rasteranzeigen, Flüssigkristallanzeigen in Projektionssystemen, Elektrolumineszenzschirme und neuerdings auch flache Elektronenstrahlröhren.

Diese neuen Prinzipien werden sich erst dann auf dem Markt durchsetzen, wenn es alle wesentlichen Eigenschaften, wie Leuchtdichte, Lichtwirkungsgrad, Lebensdauer, Ansteuerungen und Wirtschaftlichkeit, gemeinsam mit denen der Maskenröhre aufnehmen können.

Es ist z. Z noch nicht zu übersehen, ob eines dieser Prinzipien die Farbbildröhre ersetzen kann. Am wahrscheinlichsten ist es, daß eines der neuen Prinzipien bei Bildgrößen über oder unter dem Bereich der Bildröhre zuerst zum Einsatz kommt. Die größten Aussichten für größere Formate (>75 cm Diagonale) werden gerasterten Gasentladungsschirmen mit positiver Säule eingeräumt, deren UV-Strahlung die an den Wänden der Entladungsräume aufgebrachten Leuchtstoffe in den Farben Rot, Grün und Blau anregt.

Die Prinzipdarstellung eines Gasentladungsrasterschirms mit positiver Säule in Konusform zeigt *Bild* 4. Die Konusform des Entladeraumes wurde u. a. gewählt, um einen größeren Sichtwinkel zu erhalten. Der Aufbau besteht aus einem Vorionisationsteil mit der Vorionisationsanode und -katode und einem Anzeigeteil mit der Anzeigeanode und -katode. Einen Vergleich der bei flachen Bildschirmen derzeit erreichten Daten mit den Daten von Farbbildröhren zeigt *Tabelle* 1 [14].

Es ist erkennbar, daß flache Bildschirme bei einzelnen Eigenschaften die Werte der Maskenröhren erreichen;

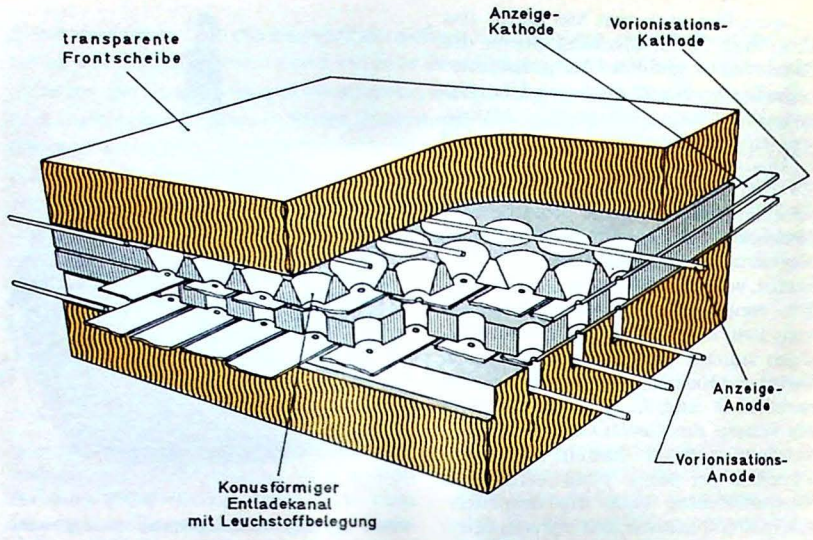


Bild 4. Gasentladungs-Rasteranzeigeschirm mit positiver Säule

keines der neuen Prinzipien erfüllt jedoch gleichzeitig die durch die Maskenröhren gestellten Anforderungen.

Die Elektronenröhre als Senderöhre

Ein Gebiet auf dem die Elektronenröhre wohl konkurrenzlos bleiben wird, ist die Erzeugung großer Leistungen, insbesondere bei hohen Frequenzen. Während für Rundfunksender Senderöhren mit Leistungen bis 2 MW verwendet werden, setzt man für Fernsehsender in den Frequenzbereichen 470...970 MHz Dauerstrichklystrons mit Leistungen über 50 kW ein. Höchste Impulsleistungen von 20...60 MW erzeugen Impulsklystrons für Teilchenbeschleuniger. In Radaranlagen werden überwiegend Impulsmagnetrons mit Impulsspitzenleistungen bis zu einigen MW eingesetzt. Zur Erzielung einer besseren Modentrennung geht man neuerdings in zunehmendem Maße zu Koaxialmagnetrons über (*Bild* 5) [3]. Dauerstrichmagnetrons mit Leistungen von 0,5...1,0 kW werden verstärkt in Mikrowellenkochherden verwendet.

Das Hauptanwendungsgebiet von Wanderfeldröhren ist die Richtfunktechnik mit Leistungen von 10 W bis zu einigen kW bei Frequenzen von 1...60 GHz (*Bild* 6 und 7) [4, 5]. Die durch konsequente Weiterentwicklung erreichten Fortschritte können am Beispiel der Daten von Richtfunk-Wanderfeldröhren mit ca. 10 W Ausgangsleistung aus dem Jahre 1956 und Satelliten-Wanderfeldröhren aus dem Jahre 1977 aufgezeigt werden. In diesem Zeitraum konnte das Gewicht pro Watt Hf-Ausgangsleistung von ca. 500 g/W auf ca. 20 g/W gesenkt und gleichzeitig der Wirkungsgrad von 5 % auf ca. 50 % gesteigert werden. Erreicht wurden diese Fortschritte durch Anwendung

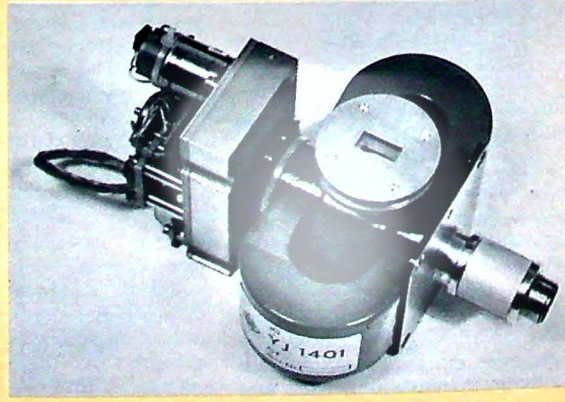
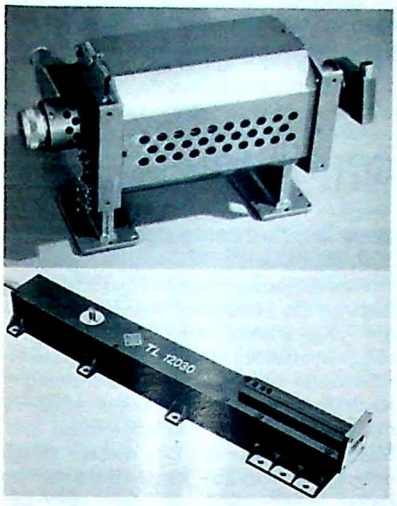


Bild 5. Koaxial-Impulsmagnetron YJ 1401. Rechts erkennt man den Katodenanschluß, oben das Auskoppelfenster mit dem Hohlleiterflansch. Links ist eine servomotorgetriebene Verstimmrichtung aufgesetzt



◀ Bild 6. Entwicklungsgeschichte von Telefunken-Wanderfeldröhren. Oben: Richtfunk-Wanderfeldröhre TL 6 (1955) mit Fokalisator, noch beinahe eine Elektromaschine mit viel Eisen und Kupfer und 5 % Wirkungsgrad. Unten: Satelliten-Wanderfeldröhre TL 12030 mit integrierter periodisch-permanentmagnetischer Fokussierung, Magnesiumgehäuse und 40 % Wirkungsgrad; links der Koaxialeingang, rechts der Hohlleiterausgang

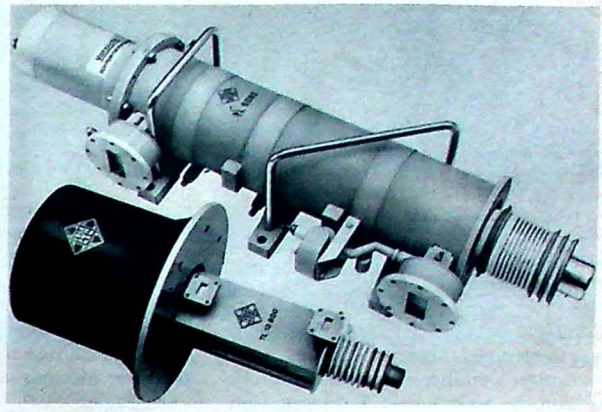


Bild 7. Zwei Wanderfeldröhren höherer Leistung. Oben: wassergekühlte 90-kW-Pulsröhre für terrestrische Sender, unten: strahlungsgekühlte 750-W-Satellitenröhre. Der schwarze Topf ragt aus dem „bird" heraus und strahlt die Verlustwärme direkt in den Weltraum

der Metall-Keramik-Technik anstelle der Glas-Metall-Technik, und den Einsatz von periodisch-permanentmagnetischen Fokussiersystemen mit $SaCo_5$-Magneten anstelle von Elektromagneten oder Gleichfeldmagneten aus AlNiCo-Legierungen. Als Beispiel einer modernen Satellitenröhre zeigt *Bild 8* den Querschnitt der TL 12024 mit zweistufigem Kollektor für den kanadischen Nachrichtensatelliten ANIK C *).

*) ANIK ist der Eskimosprache entnommen und heißt „Bruder", die Namensgebung erfolgte in einem Publikumswettbewerb.

Trotz dieser erzielten Fortschritte ist das Bemühen unverkennbar, WFR-Verstärker durch Halbleiterverstärker zu ersetzen.

Ein stark wachsender Einsatzbereich für Dauerstrich- und Pulswanderfeldröhren sind militärische Anlagen, in denen die extrem große Bandbreite der Verzögerungswendel ausgenutzt wird. Es wurden Wanderfeldröhren mit 500...1000 W Leistung und Bandbreiten von über zwei Oktaven entwickelt.

Die größten Leistungen bei hohen Frequenzen werden derzeit mit Gyrotrons (Elektronen-Zyklotron-Maser) erzeugt [6]. Die Wirkungsweise der Gyrotrons beruht auf der Wechselwirkung eines Elektronenstrahls mit relativistischer Geschwindigkeit in einem starken Magnetfeld mit einem Hf-Feld in einem Hohlleiter (meist azimutales Feld der TEon-Welle).

(Schluß folgt)

▼ Bild 8. Schnitt durch die Satelliten-Wanderfeldröhre TL 12024

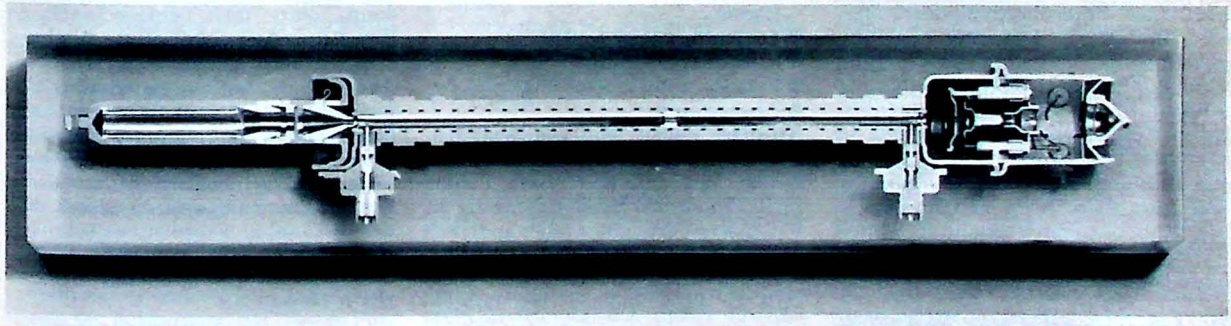


Tabelle 1. Stand der Technik bei flachen Bildschirmen im Vergleich zur Farbbildröhre

	Farbbildröhre	Wechselstrom-Gasentladung	Gleichstrom-Gasentladung	Elektro-lumineszenz-Anzeige	Flüssig-kristall-Anzeige	Flache Elektronen-strahlröre
Leuchtdichte cd/m²	200	3	50	10	Reflexion	5
Lichtwirkungsgrad lm/W	5...7	0,1...0,3	(3,8 gr., 0,85 rt., 0,4 bl)	1		0,5
Kontrast	50 : 1	30 : 1	36 : 1	20 : 1	20 : 1	50 : 1
Auflösung	max. 625 Zeilen	2,5 L/mm	2 L/mm	2 L/mm	4 L/mm	
Graustufen	64	64		16	6...8	11
Lebensdauer	> 10 000 h	> 10 000 h	> 10 000 h			
Ansteuerung	analog	digital	digital	digital	digital	

Ernst Uhlmann

Die Herausforderung der Elektronik an die Hersteller von Leiterplatten wurde erfolgreich angenommen. Doppelseitige Schaltungen in der Feinätztechnik sowie 4-Lagen-Schaltungen und Multilayer gehören zum täglichen Repertoire eines qualifizierten Print-Fabrikanten.

Mascot – eine neue Generation von Leiterplatten

Vom technologischen Erfolg der Miniaturisierung fast unberührt blieb jedoch die Verarbeitung einer gedruckten Schaltung. Ihre Lötbarkeit und somit wirtschaftliche Verarbeitung ist heute zwar theoretisch längst gelöst, doch alle bekannten Verfahren bieten auch große Toleranzen und somit Fehlerquellen. Gleichzeitig sind diese Schaltungen äußerst empfindlich gegen elektrische und mechanische Einwirkungen sowie Umwelteinflüsse. Es besteht deshalb schon lange der Wunsch, Schaltungen in eine schützende Beschichtung einzubetten und nur die eigentlichen Anschlußpunkte mit ausgezeichneter Lötbarkeit auszustatten. Das Mascot-Verfahren bietet die Lösung dieser Probleme. Die Bezeichnung stammt aus der genauen engl. Definition des Verfahrens: „photo soldering maske and solder coating hot air levelling of terminal areas".

Bei diesen Prints handelt es sich um hochpräzise Schaltungen mit fotografisch aufgebrachter Epoxidharz-Einbettungsmasse auf Kupferbahnen. Sämtliche Anschlußstellen sind mit einer eutektischen Blei-Zinnlegierung (Sn 63 %/Pb 37 %) bedeckt, und die gleichmäßige Schichtdickenverteilung wird durch eine Heißluftnivellierung erreicht. Dieses Verfahren wird einmalig in Europa von der Firma Fela in Thundorf (Schweiz) und Konstanz (Deutschland) angeboten. Wie funktioniert nun diese neue Verfahrenstechnik? Zum besseren Verständnis wollen wir gleichzeitig die bisherige Technologie aufzeichnen.

Die Lötstopmaske, Vor- und Nachteile

In einem hochwertigen elektronischen Gerät gibt es kaum noch Schaltungen, die nicht mit Lötstopmasken auf einer oder gar beiden Seiten versehen sind. Diese Lötstopmasken halten Schaltungen mit hohen Packungsdichten funktionsfähig.

Am häufigsten werden Lötstoplacke aus zwei Komponenten verwendet. Sie sind auf Alkalyd-Phenol- oder Epoxidharzbasis aufgebaut. Die Verarbeitung der Lacke erfolgt hauptsächlich im Siebdruckverfahren.

Betrachten wir einige Vorteile dieser Lötstopmasken:

- Verhinderung von Lotbrücken
- Geringe Veränderung der elektrischen Werte durch korrosive Langzeiteinflüsse
- Hohe mechanische Festigkeit
- Verminderung des Zinnverbrauches
- Verminderung von Spannungsüberschlägen
- Isolationsfestigkeit bis 500 V (mehr theoretisch)

Diese Vorteile haben in den letzten Jahren einen enormen Aufschwung der Lötstopmasken bewirkt. Gleichzeitig aber sind durch den vermehrten Einsatz dieser Masken auch neue Lötprobleme entstanden. Es sind dies beschränkte Lötbadbeständigkeit und der sogenannte Orangenhauteffekt.

Unter Fachleuten entsteht immer wieder die Diskussion über die Beständigkeit der Lötstopmasken im Lötbad. Tatsächlich lassen die heutigen Lötstoplacke in ihrer Beständigkeit zu wünschen übrig. Die kritischen Punkte für die Qualität einer Lötstopmaske sind:

- Mischverhältnis zwischen Lack und Härter
- Schichtdicke des Lackes
- Viskosität des Lackes
- Präziser und sauberer Siebdruck
- Aushärtezeit

All diese Punkte sind von Menschen abhängig, welche diese Arbeiten ausführen. Wird nun einer dieser Punkte nicht sauber und hundertprozentig erledigt, kann eine gute Lötbeständigkeit nicht garantiert werden.

Der Orangenhauteffekt führt ebenfalls zu Lötproblemen. Die Lötstopmaske wird auf dem aufgeschmolzenen Zinn-Blei-Oberflächenschutz der Leiterbahnen aufgebracht. Durch die Erhitzung im Lötprozeß verflüssigt sich die angeschmolzene Blei-Zinnlegierung ein zweites Mal. Die Lötstopmaske schwimmt obenauf und wird zerstört. Nach dem Erstarren des Lotes erhält sie das Aussehen einer Orangenhaut und blättert teilweise ab. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, kann die Schichtdicke der Lötstopmaske auf ca. 50 µm erhöht werden. Diese Schichtdickenerhöhung führt jedoch zu unrationellen und zusätzlichen Arbeitsgängen im Siebdruck, und die Genauigkeit und Konturenschärfe werden verschlechtert (*Bild 1*).

Untersuchungen aus den USA zeigen, daß Lötstopmasken – auch ohne Orangenhauteffekt – sich nach ein bis zwei Jahren von der Blei-Zinn- oder Zinnoberfläche ablösen können. Temperaturdifferenzen sowie eine schlechte Haftung auf Zinn oder aufgeschmolzenen Blei-Zinnflächen sind die häufigsten Gründe für das Abblättern des Lackes. Dies ist auch verständlich, denn Zinn oder aufgeschmolzene Blei-Zinnlegierungen sind geschlossene und stark glänzende Oberflächen. Auf solchen Oberflächen erhalten wir, im Gegensatz zu einer aktivierten Kupferoberfläche, eine verminderte Haftung. Aus Sicherheitsgründen sollten Lötstopmasken deshalb direkt auf die Kupferbahnen aufgetragen werden. Mit den bekannten Fabrikationstechniken für Leiterplatten ist dies nicht möglich oder erfordert schwierige und zusätzliche Arbeitsgänge.

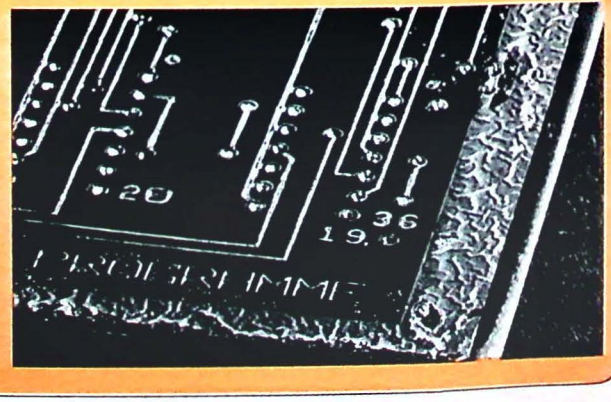


Bild 1. Aufnahme einer herkömmlich geschützten Platine

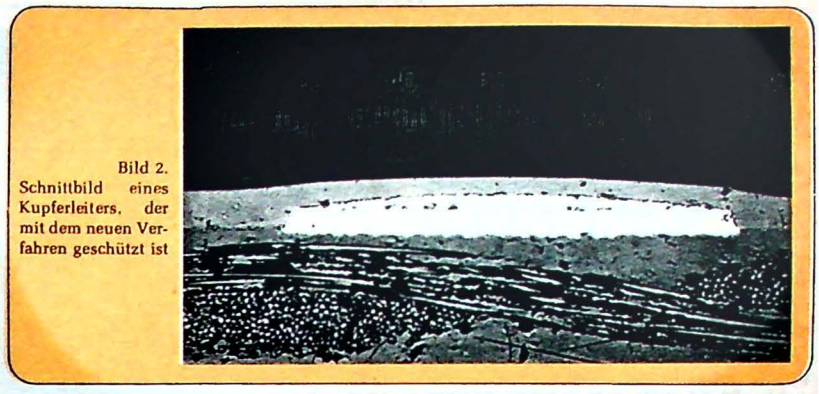


Bild 2. Schnittbild eines Kupferleiters, der mit dem neuen Verfahren geschützt ist

Die Lötstopmasse beim Mascot-Verfahren

Diese Faktoren werden bei der Verarbeitungstechnik des Mascot-Verfahrens berücksichtigt. Wir sprechen daher auch nicht mehr von einem Lötstoplack, sondern von einer Epoxidharz-Einbettungsmasse. Diese Einbettungsmasse verbessert die Situation in sämtlichen Arbeitsprozessen und ist nicht identisch mit den herkömmlichen Lötstoplacken. Durch die Zusammensetzung von Epoxidgruppen mit neuen chemischen Verbindungen werden nach dem Aushärten thermische Beständigkeiten und elektrische Eigenschaften eines Laminierharzes erreicht und teilweise sogar übertroffen. Zum ersten Mal ist es hier gelungen, eine Epoxidharz-Einbettungsmasse zu entwickeln, welche dem Basismaterial entspricht und gleichzeitig die Funktion der Lötstopmaske übernimmt, ja wesentlich verbessert.

Die Epoxidharz-Einbettungsmasse wird in einem speziellen Gießverfahren aufgebracht. Aus einem Behälter wird mittels Pumpe die Epoxidharz-Einbettungsmasse in eine Gießrinne gepumpt. Von dort aus fällt sie wie ein Vorhang in eine Auffangrinne. Die Leiterplatten werden auf Transportbändern mit einer Geschwindigkeit von etwa 80 bis 100 m/min durch diesen Vorhang geschossen. Bei diesem Verfahren erreicht man eine sehr regelmäßige Schichtdickenverteilung, wobei die Dicke des Auftrages je nach Geschwindigkeit veränderbar ist.

Die Viskosität der Einbettungsmasse wird während des Arbeitsprozesses dauernd überwacht. Es wird deshalb bereits in dieser Arbeitsstation eine wesentliche Vereinfachung gegenüber dem Siebdruck erreicht.

Nach dem Beschichten durchlaufen die Leiterplatten einen normalen Fotoprozeß, wie er von den Trocken-Resistfilmen her bekannt ist. Bei diesem Prozeß kann viel genauer gearbeitet werden. Gleichzeitig entstehen – und dies vor allem bei großen Leiterplattenformaten – keinerlei Registrierprobleme, wie es beim Siebdruck öfter der Fall ist. Durch eine Sprühentwicklung mit Lösungsmitteln werden die Bilder sauber und weisen eine hohe Auflösung auf. Wie das Schliffbild (*Bild 2*) zeigt, sind die Kupferleiter beim Mascot-Verfahren bestens geschützt. Der Kupferleiter wird sauber durch eine homogene Schicht umschlossen bzw. eingebettet. Hinzu kommt, daß die Epoxidharz-Einbettungsmasse eine derart hohe mechanische Festigkeit aufweist, daß sie nach ihrer Aushärtung nicht mehr verletzt werden kann. Die wichtigsten technischen Spezifikationen der Mascot-Epoxidharz-Einbettungsmasse sind in der *Tabelle* aufgeführt.

Die eutektische Mascot-Verzinnung

Im allgemeinen erhalten Leiterplatten einen Oberflächenschutz durch eine galvanisch aufgebrachte Rein- und Bleiverzinnung. Diese Fertigungsart bietet jedoch einige Nachteile:

1. Kein Flankenschutz der Leiterbahnen (geringe Lagerhaltung, Korrosionsanfälligkeit)
2. Überdurchschnittlich hohe Löttemperaturen und Lötzeiten durch unterschiedliche Legierungsverhältnisse
3. Unterätzung (Kantenbruch und Ablösen von Zinnspänen, welche zu Kurzschlüssen führen)
4. Zinnpest

Viele Hersteller sind deshalb in letzter Zeit auf ein neues Verfahren umgestiegen, der balsamisch aufgeschmolzenen Blei-Zinnlegierung. Dieses Verfahren schaltet die vorgenannten Punkte 2 und 4 aus. Die anschließende Anschmelzung eliminiert die Punkte 1 und 3. Allerdings ist es für den Lötprozeß sehr wichtig, daß durch die Abscheidung bei Blei-Zinnbädern das Legierungsverhältnis beim eutektischen Punkt liegt oder zumindest in seiner Nähe. Die galvanischen Blei-Zinnbäder weisen jedoch gerade in dieser Hinsicht einen großen Streubereich auf. Dieser große Toleranzbereich bewirkt, daß beim Anschmelz- sowie Lötvorgang die Temperaturen und Zeiten dauernd geändert werden müssen.

Für die Verzinnung beim Mascot-Verfahren wird das System der Feuerverzinnung mit Heißluftnivellierung, die sogenannte Hot-air-levelling-Methode, angewandt. Die Zusammensetzung des Lotes bei diesem Vorgehen besteht aus hochreinem L-Sn 63 %/Pb 37 % oder Sn 60 %/Pb 40 %. Bei durchgeführten Tests wurde festgestellt, daß die aufgetragene Lötschicht beim Hot-air-levelling-Verfahren – über die gesamte Oberfläche der Platte hinweg – der im Lötbad befindlichen entsprach. Durch den absolut eutektischen Oberflächenschutz bedeutet die Hot-air-levelling-Methode einen großen Fortschritt und eine wesentliche Verbesserung des Lötvorganges. Im Gegensatz zum galvanisierten Blei-Zinn mit Anschmelzung, bei dem das Lot für die Flanken von der Oberfläche genommen wird, ist bei dem Heißlufteinebnungsprozeß eine 5...20 µm dicke Lötbeschichtung und eine 100%ige Kantenabdeckung möglich.

Bei diesem Verfahren wird die Leiterplatte automatisch in einen Flußmitteltank eingetaucht und anschließend zwischen zwei Infrarotheizungen vorgeheizt. Die vorgeheizte Leiterplatte wird dann vertikal in einen Lotbehälter getaucht und nach einer Verweilzeit von 3...5 s mit hoher Geschwindigkeit wieder herausgezogen. Die Einebnung der Leiterplatte erfolgt durch heiße Druckluft. Sie befreit sämtliche Löcher und Leiterbahnen von überschüssigem Lot. In der letzten Arbeitsphase wird die Leiterplatte gekühlt. Das Resultat dieses Prozesses ist eine Schaltung, die mit einer glänzenden, homogenen Lotbeschichtung versehen ist. Außerdem wird eine solide, einwandfreie intermetallische Verbindung zwischen dem Kupfer und der Lotschicht erzielt.

Durch die Oberflächenspannung des Blei-Zinns und die physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeit werden die Ränder der Bohrung immer dünner beschichtet als die angrenzenden Flächen. Sowohl Heißöl-Verfahren oder Infrarot-Aufschmelzung als auch das Hydro-Squeege-System waren bisher akzeptable Prozesse. Nachstehender Vergleich verdeutlicht jedoch die Vorteile der Heißlufteinebnung mit dem erwähnten Prozeß.

Das erste Schliffbild (*Bild 3*) zeigt den Rand einer durchmetallisierten Bohrung nach dem Infrarot-Aufschmelzverfahren. Durchschnittlich erreichen wir in der kritischen Zone eine Schichtdicke von ca. 1...2 µm.

Das zweite Bild (*Bild 4*) zeigt einen Schliff durch eine durchmetallisierte Bohrung nach dem Hot-air-levelling-Verfahren. Auch die Hot-air-levelling-Methode kann den erwähnten Effekt nicht verhindern. Eine wesentliche Verbesserung in der kritischen Zone ist jedoch nicht zu übersehen. Wir scheiden hier Schichtdicken (im Minimum) von 3 µm ab.

Zum Schluß eine Zusammenfassung der wesentlichen Vorteile, die das neue Verfahren bietet:

Als „Lötstoplack" eine fotografisch aufgebrachte Epoxidharz-Einbettungsmasse

- Elektrisch geschützte Leiterbahnen mit definierten Werten
- Hervorragende Isolationsfestigkeit
- Verhinderung von Lötbrücken
- Höhere mechanische Beständigkeit
- Einbettungsmasse aus gleichem Material wie Basismaterial, dadurch auch ebenso beständig
- Präzis aufgebrachte Maske
- Kleinere Lötaugen möglich
- Lötrichtung spielt keine Rolle mehr
- Schöneres Aussehen
- Größere Sicherheit für sämtliche Lötprozesse
- Unverletzlichkeit der Leiterbahnen gegen mechanische Beschädigung

Die eutektische Mascot-Verzinnung

- Orangenhauteffekt fällt weg
- Haarrisse auf Leiterbahnen sichtbar
- Eutektische Blei-Zinnabscheidung
- Keine Legierungsveränderungen des Lötbades
- Gleichmäßigere Schichtdickenverteilung
- Einsparung von Lötzinn
- Zinnfäden, Zinnflitter unmöglich
- Absolut 100%iger Kantenschutz, egal welche Leiterdicken verlangt werden
- Keine verstopften Durchmetallisierungen
- Genauere und kleinere Lochtoleranzen möglich
- Weniger Verwindung der Platte
- Niedrigere Löttemperaturen
- Kürzere Lötzeiten
- Verminderte Materialbelastung

Als Hersteller von gedruckten Schaltungen muß man heute bestrebt sein, dem Verbraucher lötbare und qualitativ einwandfreie Leiterplatten anzubieten. Die Fela in Thundorf und Konstanz hat deshalb dieses neue Verfahren ab sofort eingeführt.

Bild 3. Schliffbild einer durchmetallisierten Bohrung nach dem Infrarot-Aufschmelzverfahren

Bild 4. Durchmetallisierte Bohrung nach dem Hot-air-levelling Verfahren (Alle Aufnahmen: Fela AG)

Tabelle der technischen Eigenschaften der Einbettungsmasse

Lötbeständigkeit (260 °C)	> 20 s	Dielektrizitätskonstante (ε_r bei 1 MHz)	DIN 53483
Temperatur-Wechselbelastung in Wasser (5 Zyklen von 15 min/ 95 °C + 2 min/0 °C)	Lack unverändert	Ausgangswert	3,5...4,0
		nach 24 h in H_2O bei 23 °C	3,6...4,2
		nach 48 h in H_2O bei 50 °C	3,6...4,2
		nach 1 h Kochwasser	3,6...4,4
Flammhemmung (UL 94)	V 1	Dielektrischer Verlustfaktor (tan δ bei 1 MHz)	DIN 53483
Salzsprühtest (5 % NaCl, 35 °C, 200 h)	Lack unverändert	Ausgangswert	1,5...3,0 %
		nach 24 h in H_2O bei 23 °C	2,0...3,5 %
		nach 48 h in H_2O bei 50 °C	2,0...3,5 %
		nach 1 h Kochwasser	2,0...3,5 %
Lösungsmittelbeständigk.:			
– Alkohol, Isopropylalkoh.:	> 8 h	Dielektrischer Verlustfaktor (tan δ bei 50 Hz)	DIN 53483
– MEK	> 8 h		
– 1.1.1. Trichloräthan	> 8 h	bei 25 °C	0,5 %
– Methylenchlorid	> 8 h	bei 50 °C	0,7 %
– Toluol	> 8 h	bei 75 °C	0,9 %
		bei 100 °C	1,5 %
Oberflächenwiderstand	DIN 53482	bei 120 °C	8 %
Ausgangswert	$10^7...10^8$ MΩ		
nach 24 h in H_2O bei 23 °C	$10^6...10^7$ MΩ	Dielektrischer Verlustfaktor (tan δ bei 23 °C)	DIN 53483
nach 96 h bei 35 °C/90 % RF	$10^6...10^7$ MΩ		
nach 1 h Kochwasser	$10^6...10^7$ MΩ	bei 10^2 Hz	0,4...0,7 %
		bei 10^3 Hz	0,4...0,8 %
Spez. Durchgangswiderst.	DIN 53482	bei 10^4 Hz	0,6...1,5 %
Ausgangswert	$10^9...10^{10}$ MΩcm	bei 10^5 Hz	1,0...2,2 %
nach 24 h in H_2O bei 23 °C	$10^7...10^9$ MΩ cm	bei 10^6 Hz	1,5...3,0 %
nach 96 h bei 35 °C/90 % RF	$10^7...10^9$ MΩ cm		
nach 1 h Kochwasser	$10^7...10^9$ MΩ cm		
Durchschlagsfestigkeit (20-s-Wert)	IEC-Publ. 243 ≧ 120 kV/mm		

Obwohl die aktiven Bauelemente heute den größeren Teil der Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, darf die Bedeutung der passiven Bauelemente in praktisch allen Bereichen der Elektronik nicht unterschätzt werden. Da etliche Schaltungsfunktionen von aktiven Bauelementen noch nicht und andere wahrscheinlich nie übernommen werden können, ist es berechtigt, die Rolle der passiven Bauelemente im Anwendungsbereich der Kfz-Elektronik zu beschreiben [1].

Karl Ruschmeyer

Passive Bauelemente im Kraftfahrzeug

Zu den passiven Bauelementen sollen hier alle Arten von Kondensatoren und Widerständen einschließlich der nichtlinearen Widerstände gezählt werden. Es kommen die Quarze, Quarzoszillatoren und Quarzfilter, außerdem Induktivitäten in den verschiedensten Formen hinzu. Abweichend von der sonst oft üblichen Einteilung wollen wir auch die Permanentmagnete zu diesem Bereich zählen, obgleich sie keine elektronischen Bauelemente sind, aber – wie noch gezeigt wird – den Einsatz elektronischer Bauelemente begünstigen.

Es ist im Rahmen dieses Aufsatzes allerdings nur möglich, ausgewählte Anwendungen im Fahrzeug zu behandeln. Unberücksichtigt bleiben Bauelemente für Autosuper, Recorder und Funkgeräte mit den zugehörigen Entstörsätzen.

Elektrolytkondensatoren in Blinkgebern und Wisch-Wasch-Intervallschaltern

In den Zeitgliedern dieser Schaltungen werden Kondensatoren mit großer Kapazität (10...100 µF) wegen der Niederohmigkeit der Schaltung verlangt. Diese Werte sind mit Elkos wirtschaftlich zu realisieren. Es müssen aber weitere Forderungen erfüllt werden. Zum Beispiel muß der Reststrom im ganzen Temperaturbereich klein sein und ebenfalls die Kapazitätsänderung bei Spannungsänderung. Mit derartigen Kondensatoren (*Bild 1*) werden dann eine gute Zeitstabilität und hohe Genauigkeit bei Wiederholungen erreicht.

Ing. (grad.) Karl Ruschmeyer (43), trat 1958 in die Entwicklungsabteilung für Meßgeräte der AEG, Berlin, ein. 1964 übernahm er eine technisch-kommerzielle Tätigkeit für Permanentmagnete bei Valvo, Hamburg, und ist seit 1969 für den Bereich Materialien technisch-kommerziell verantwortlich.

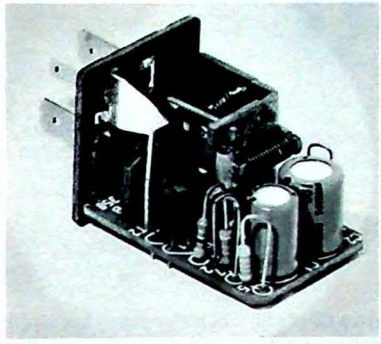


Bild 1. Wisch-Wasch-Intervallschalter (Hella)

Der Quarz in der Uhr

Die rasche Weiterentwicklung auf dem Sektor der Integrationstechnik hat zur Anwendung von passiven Bauelementen im Kraftfahrzeug beigetragen. Zum Beispiel konnten Quarze erst in Autouhren eingesetzt werden, nachdem es der Entwicklung gelungen war, den erforderlichen Oszillator, Teiler und Treiber in Großserie mit ausreichender Stabilität und besonders geringem Stromverbrauch zu fertigen. Die Blockschaltung ist dem *Bild 2* zu entnehmen. Die IS in CMOS-Technik beinhaltet den Oszillator, den Teiler (etwa $2^{23} : 0{,}5$) und die Gegentaktendstufe [2].

Der Quarzoszillator wird nicht abgeglichen. Der für die Sollfrequenz erforderliche Abgleich wird automatisch im abgleichbaren Teiler durchgeführt. Daher hat der Quarz mit 4,194 812 MHz eine um 508 Hz höhere Nennfrequenz als es dem Teiler $2^{23} : 0{,}5$ entsprechen würde. Die Entwicklung führte auch beim Quarz zu kleineren Abmessungen. Quarze haben ein verschweißtes Metallgehäuse. Durch den Aufbau wird eine hohe Stoßfestigkeit, durch den AT-Schnitt ein gutes Temperaturverhalten und durch die sorgfältige Verarbeitung und Voralterung eine gute Langzeitstabilität erreicht. Quarzprüfungen sind in JEC 122, DIN 45 103 und DIN 45 105 genormt.

Die aus der Gegentaktendstufe der Elektronik kommenden Impulse mit 0,5 Hz treiben einen Schrittmotor. Der Rotor dieses Motors hat einen 6poligen Permanentmagneten. Die Kondensatoren vor dem Motor verformen den Impuls und dämpfen damit die Rotorbewegung. Der mechanische Aufbau der Uhr ist in *Bild 3* gezeigt. Die mittlere Stromaufnahme von 5 mA bei 12 V ist erstaunlich niedrig.

Nichtlineare Widerstände

Unter diesen passiven Bauelementen versteht man im allgemeinen temperaturabhängige Widerstände (Heißleiter = NTC und Kaltleiter = PTC) sowie spannungsabhängige Widerstände (Varistoren – VDR). Bauelemente aus diesen Gruppen finden in zunehmendem Maße in der Kfz-Elektronik Anwendung.

Heißleiter zur Temperaturmessung des Kühlwassers

Für die Temperaturerfassung werden in größeren Stückzahlen Heißleiterscheiben ohne Anschlußdrähte verwendet. Die Heißleiterscheiben mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Dicke von 1...1,5 mm sind in einem Messinggehäuse mit Klemmkontaktierung montiert. Um im gesamten Anzeigebereich eine ausreichende Genauigkeit zu erzielen, wird die R (ϑ)-Kennlinie der Heißleiter meist bei zwei oder drei Referenztemperaturen mit engtolerierten Widerstandswerten spezifiziert.

PTC für Motorschutz [3, 4]

Kaltleiter werden nicht nur zum Schutz von elektronischen Schaltun-

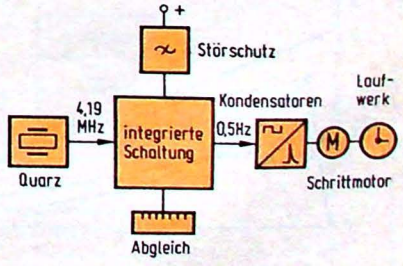


Bild 2. Blockschaltbild der Auto-Quarzuhr

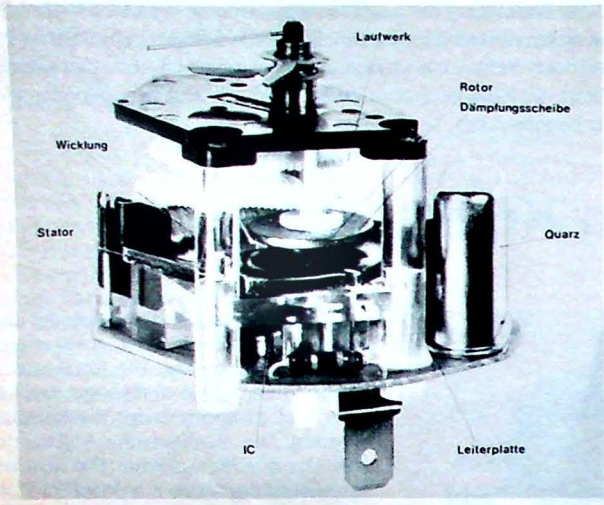


Bild 3. Auto-Quarz-Uhr (VDO)

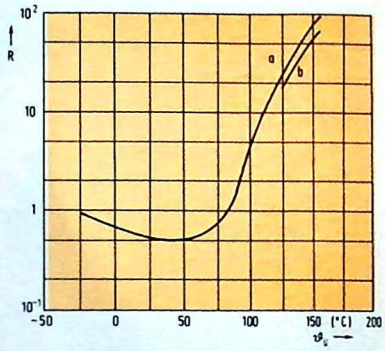


Bild 4. ▶ Widerstand-Temperatur-Kennlinie des Kaltleiters 2322 664 91086; Kurve a: gemessen mit einer Spannung von 1,5 V, Kurve b: gemessen mit 16-V-Spannungsimpulsen

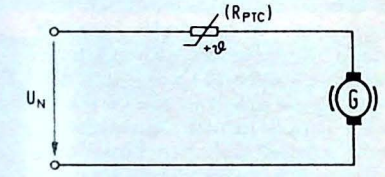


Bild 5. ▶ Prinzipschaltbild für den Motorschutz mit PTC

gen, sondern auch als Übertemperaturschutz von Elektromotoren (z. B. im Blockierfall) im Kraftfahrzeug verwendet. Diese Anwendung wurde möglich, da PTC mit kleinen Kaltwiderstandswerten entwickelt wurden. Das *Bild 4* zeigt die Abhängigkeit des Widerstands R eines Kaltleiters von der Temperatur ϑ_U. Die einfache Schaltung ist in *Bild 5* gezeigt.

In *Bild 6* sind neben dem Verlauf der I-U-Kennlinie eines Kaltleiters drei Lastgeraden eingezeichnet. R_{L1} ist die für den Nennbetrieb geltende; R_{L2} kennzeichnet einen Überlastungsfall und R_{L3} den Kurzschlußfall.

Beim Einschalten der Anordnung nach Bild 5 unter Nennbedingungen stellt sich der Arbeitspunkt auf den Schnittpunkt A_1 ein. Der Kaltleiter, der bei diesem Arbeitspunkt in seinem niederohmigen Widerstandsbereich betrieben wird, verursacht einen kleinen Spannungsabfall und erwärmt sich auf etwa 60 bis 80 °C. Der Verbraucher kann daher praktisch mit seiner vollen Betriebsspannung arbeiten.

Erhöht sich nun die Stromaufnahme des Verbrauchers, was einer Drehung der Lastgeraden um den Punkt U_N entspricht, dann wandert der Arbeitspunkt zunächst auf der Anstiegsflanke der I-U-Kennlinie nach oben. Da die gesamte Anstiegsflanke im niederohmigen Widerstandsbereich liegt, beeinflußt der Kaltleiter den Laststrom nach wie vor praktisch nicht.

In dem Augenblick jedoch, in dem die Lastgerade über das Strommaximum ansteigt, ist ein Zustand erreicht, bei dem die zugeführte elektrische Leistung $+P_{th}$ größer ist als die abgeführte Wärmeleistung $-P_{th}$ und ein selbsttätiges Ansteigen der Kaltleitertemperatur einsetzt. Der Kaltleiter geht dabei in den Bereich des hohen Sperrwiderstands über, wobei der Strom auf einen Wert absinkt, der nur noch einen Bruchteil des Nennstroms beträgt, und sich ein neues thermisches Gleichgewicht einstellt. Je nach dem Grad der Überlastung erhält man einen neuen Arbeitspunkt, der beispielsweise für R_{L2} (Bild 6) bei C_2 und für R_{L3} (Kurzschlußfall) bei C_3 liegen würde. In jedem Fall übernimmt der Kaltleiter nunmehr nahezu die volle Spannung, wobei er mit etwa 3 bis 5 W belastet und der Verbraucher praktisch abgeschaltet wird.

Bei Fortfall der Überlastung bzw. des Kurzschlusses verschiebt sich der Arbeitspunkt lediglich nach C_1. Ein selbsttätiger Übergang auf den Nennarbeitspunkt A_1 ist im vorliegenden Fall nicht möglich, so daß der Verbraucher „abgeschaltet" bleibt. Erst durch Abschalten des Stromes und erneutes Einschalten nach Abkühlung des Kaltleiters stellt sich A_1 wieder ein.

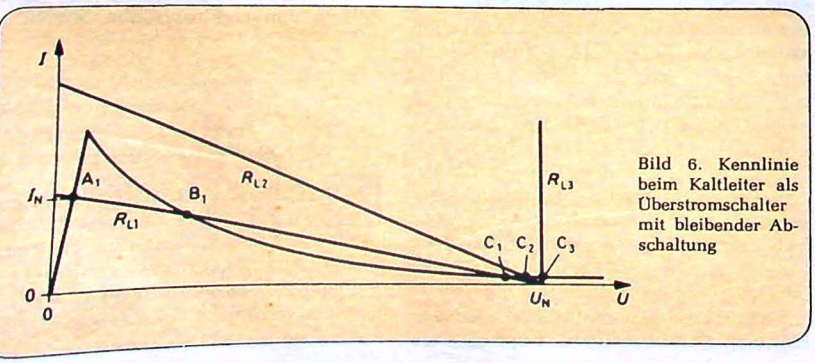


Bild 6. Kennlinie beim Kaltleiter als Überstromschalter mit bleibender Abschaltung

PTC als Heizelement

Seit kurzem werden Kaltleiter in großem Umfang auch als Heizelemente eingesetzt. Nach der Kennlinie in Bild 4 nimmt der Kaltleiter im Bereich unterhalb der Schalttemperatur sehr viel Energie auf und erwärmt sich somit rasch. Im Arbeitsbereich ist das Element selbstregelnd, da bei größerem Wärmeentzug der Widerstand fällt und somit mehr Energie aufgenommen wird und umgekehrt.

Im Bereich des Kraftfahrzeugs gibt es z. B. die Anwendung am Vergaser. Hinter dem Vergaser wird ein PTC-beheiz-

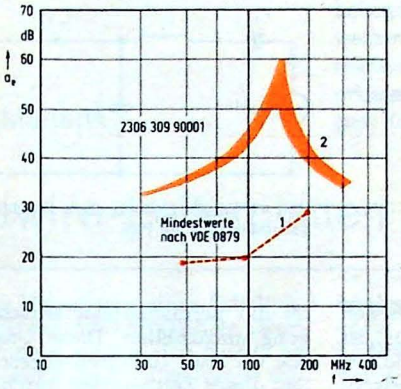


Bild 7. Geforderte Einfügungsdämpfung a_e nach VDE 0879 und der Streubereich entsprechender Widerstände

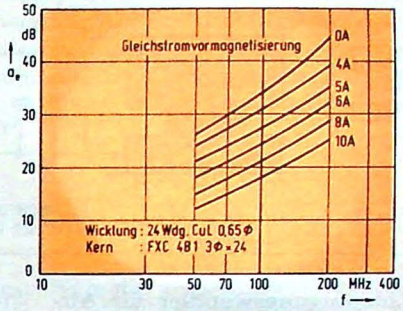


Bild 8. Einfügungsdämpfung a_e einer Stabkerndrossel

tes Element, der sogenannte „Igel", eingesetzt, um das Gemisch zu erwärmen. Hierdurch wird z. B. beim Kaltstart eine Kondensation vermieden.

Eine weitere Anwendung ist die Waschdüsenheizung. Durch die Heizung bleibt die Waschanlage noch funktionsfähig, wenn ohne Heizung, z. B. durch Verdampfungswärmeentzug, die Düse schon zufrieren würde.

Die Startautomatik von Kraftfahrzeugen muß nach kurzer Zeit abgeschaltet werden. Dieses erfolgt automatisch durch einen Bimetallschalter. Hierzu muß das Bimetallelement erwärmt werden, was besonders gut mit einem PTC möglich ist.

Drosseln und Widerstände für Entstörungen

Im Kraftfahrzeug gibt es etliche Entstörprobleme. Dabei stehen weniger die Störungen im jeweiligen Fahrzeug im Vordergrund, sondern die Störungen, die in der Fahrzeugumgebung (Nachbarfahrzeuge, Häuser) hervorgerufen werden. Zum Beispiel müssen im Zündkerzenstecker Dämpfungselemente nach VDE 0879 eingebaut werden. Diese Widerstände müssen eine Einfügungsdämpfung a_e entsprechend Kurve 1 in *Bild 7* aufweisen. Kurve 2 sind Mittelwerte gemessener Widerstände, die diese Bedingungen erfüllen.

Für Entstörzwecke in elektrischen Motoren und in der Elektronik der Lichtmaschine werden Kondensatoren und Stabkerndrosseln eingesetzt. Diese Stabkerndrosseln bestehen aus einem Ferritstab und einer einlagigen Kupferwicklung. Die gemessene Einfügungsdämpfung a_e ist in *Bild 8* dargestellt. Der Einfluß der Gleichstromvormagnetisierung ist gut zu erkennen und muß bei der Drosselberechnung berücksichtigt werden.

Motorentstörelemente unterliegen besonders bei Scheibenwischermotoren hohen Anforderungen, da diese Motoren einer Kurzschlußfestigkeit genügen müssen.

Lambda-Sonde als Abgassensor [2, 6]

Auch bei der Lösung der Abgasprobleme werden wahrscheinlich passive Bauelemente systembestimmende Teile sein. Die Abgasprobleme sind nicht durch erhöhten Aufwand an einer Stelle, sondern durch mehrere Maßnahmen an verschiedenen Stellen zu lösen. Prinzipiell gibt es drei Bereiche, auf die sich diese Maßnahmen erstrekken (*Bild 9*).

Um mit den verschiedensten Maßnahmen ein gutes Ergebnis zu erreichen, scheint es erforderlich zu sein, eine Luftzahl $\lambda = 1$ ($\lambda = 1$ bedeutet stöchiometrisches Kraftstoff-Luft-Verhältnis) einzuhalten (siehe hierzu auch FUNKSCHAU 14/1978, Sonderthemenheft Automobil-Elektronik). Dieses kann bei der großen Variationsmöglichkeit des Betriebszustandes nur regeltechnisch erreicht werden. Hierfür wird ein Sensor benötigt. Die λ-Sonde, ein passives Bauelement, gibt im Bereich von $\lambda = 1$ einen genügend großen Spannungssprung, um als Sensor geeignet zu sein. Hierbei wird ein Körper aus Zirkoniumdioxid mit Zusätzen von Yttrium- oder Thoriumdioxid verwendet. Dieser Sensor muß im Temperaturbereich von etwa 300 °C bis über 900 °C sicher arbeiten. Eine anschließende Abgasbehandlung in einem Katalysator bringt dann das gewünschte Ergebnis.

Ein anderer Weg zur Lösung der Abgasprobleme führt zum mageren Gemisch. Hierdurch nehmen dann die Forderungen an die Zündanlage zu. Es wurde eine Anlage entwickelt, die ohne magnetischen Energiezwischenspeicher arbeitet und programmierbar ist. Der für diese Anlage erforderliche Hochspannungstransformator wurde mit vorhandenen Ferritkernen mit positivem Ergebnis erprobt. Die Ferritkerne könnten in optimaler Form in Großserie gefertigt werden.

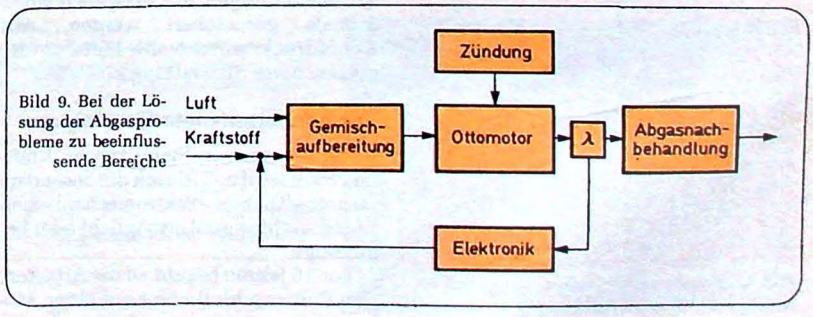
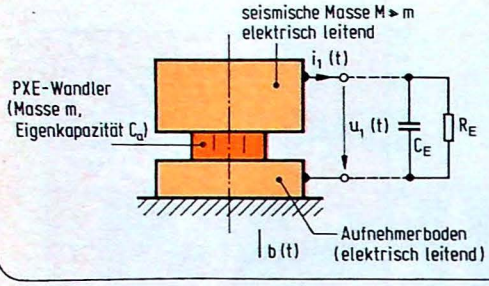


Bild 9. Bei der Lösung der Abgasprobleme zu beeinflussende Bereiche



◀ Bild 10. Aufbau eines Beschleunigungswandlers mit PXE

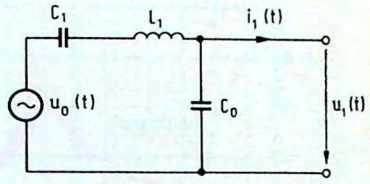


Bild 11. Ersatzschaltbild eines Beschleunigungswandlers mit PXE

Beschleunigungswandler für Airbag

Für die Fahrgastsicherheit wird u. a. das Projekt „Airbag" untersucht. Hier gilt es, den Airbag bei starker Verzögerung des Fahrzeugs aufzublasen. Der erforderliche Sensor für die Verzögerung kann als Beschleunigungswandler auf piezoelektrischer Basis aufgebaut werden.

Der in *Bild 10* gezeigte Beschleunigungsaufnehmer stellt mechanisch ein Feder-Masse-System dar, für das sich wegen der piezoelektrischen Wandlereigenschaften eine elektrische Ersatzschaltung angeben läßt (*Bild 11*). Die Schaltung gilt dabei allgemein, während im sogenannten quasistatischen Fall, d. h. bei Frequenzen weit unterhalb der Eigenfrequenz des Aufnehmers, L_1 vernachlässigt werden kann.

Die Spannung u_o (t) bzw. die Ladung q_o (t) = $\int i_o\, dt$ ist der Beschleunigung b (t), die als Kraft F (t) über die Masse M wirkt, proportional. C_1 ist der Federkonstante des Wandlers umgekehrt proportional, während zwischen der Induktivität L_1 und der seismischen Masse M Proportionalität besteht. C_o ist die statische Kapazität des Wandlers, die sich bei unendlich großer seismischer Masse ($M \rightarrow \infty \triangleq L_1 \rightarrow \infty$) ergeben würde.

Pauschal kann man sagen, daß mit PXE ausgerüstete Wandler, verglichen mit Quarzaufnehmern, empfindlicher sind und daß die Signalverarbeitung einen kleineren apparativen Aufwand erfordert. Umfangreiche Kenntnisse über den Aufbau derartiger Wandler liegen vor [7].

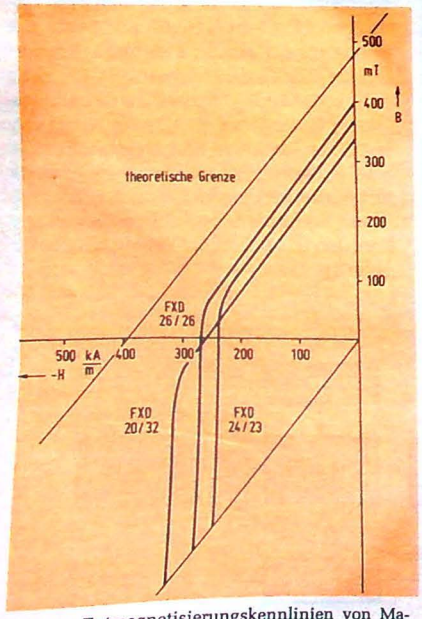


Bild 12. Entmagnetisierungskennlinien von Magnetwerkstoffen für Motoren

Sensor und Motor für Anti-Blokkiersystem

Auch im Anti-Blockiersystem, mit dem eine optimale Bremsung erreicht wird und das Fahrzeug gleichzeitig lenkbar bleibt, wird die Bewegung der Räder mit passiven Bauelementen, z. B. induktiv, sensiert. Der Pumpenantrieb mit extremen Anforderungen wurde mit einem 4poligen elektrischen Motor mit Permanentmagneten realisiert.

Sitzverstellung

An diesem Beispiel kann gezeigt werden, daß die gegenseitige Beeinflussung der aktiven und passiven Bauelemente im Kraftfahrzeug sehr groß ist.

In bestimmten Fahrzeugtypen kann die Sitzverstellung (Lehne, Sitzhöhe und -abstand) mit Elektromotoren auf Knopfdruck geändert werden. Hierdurch bekommt die Elektronik eine Chance. Zum Beispiel könnten für zwei oder mehrere individuell zu wählende Sitzeinstellungen die entsprechenden Signale gespeichert werden. Auf Knopfdruck würden die Motoren die gespeicherte Sitzstellung einstellen.

Permanentmagnete für Motoren

Der Einsatz von Elektriken im Kraftfahrzeug wird z. T. durch die besonders wirtschaftlichen elektromechanischen Wandler (Motoren) ermöglicht oder begünstigt.

Vor 15 Jahren begannen die Arbeiten, den Reihenschlußmotor auf einen Motor mit permanentmagnetischer Erregung umzustellen. Diese Umstellung war vor etwa 10 Jahren abgeschlossen. Seit dieser Zeit wurden durch erhebliche Verbesserungen der Werkstoffe und der gefertigten Teile und deren Toleranzen sowie durch ein besonderes Verständnis derartiger Motoren große Fortschritte erreicht. Dieses ist für die Kraftfahrzeugindustrie von großer Bedeutung, denn obgleich die mittlere Bestückung mit Motoren z. Z. bei drei liegt, gibt es Fahrzeuge mit etwa 30 Motoren, und eine Auflistung der bekannten Anwendungen reicht bis in die 50er.

Für diese Motoren gelangen fast ausschließlich Segmente aus Hartferrit zum Einsatz. Diese Werkstoffe (DIN 17 410 und DIN 42 026) wurden besonders mit großer Koerzitivfeldstärke für die auftretenden Ankerquerfelder entwickelt. Die erreichten Werkstoffqualitäten können dem *Bild 12* entnommen werden. Die theoretische Grenze ist ebenfalls eingezeichnet [8].

Literatur

[1] *Klasche, G.*: Die Elektronik im Auto – eine Bestandsaufnahme. ELEKTRONIK 1974, Heft 11, S. 415...424.

[2] VDO-Informationsschrift 742, Quarzuhr 2. Generation.

[3] *Bensieck, H.J.*: Kaltleiter als selbstregelnde Heizelemente und als zerstörungsfreie Überlastsicherung. Elektro-Anzeiger 1976, Nr. 24, S. 589...591.

[4] Kaltleiter als strom- und temperaturempfindlicher Schalter. Valvo Technische Information für die Industrie Nr. 780301.

[5] *Eisehl, H.*: Abgasgesetzgebung und deren Einfluß auf Diesel- und Automotoren. Bosch Technische Berichte 1978, Nr. 2, S. 63...69.

[6] *Kraus, B.*: Regelung der Gemischzusammensetzung bei Einspritz-Ottomotoren mit Hilfe der Lambda-Sonde. Bosch Technische Berichte 1978, Nr. 3, S. 136...143.

[7] *Lauer, R.*: PXE-Beschleunigungsaufnehmer. Valvo-Berichte 1977, Heft 2, S. 81...92.

[8] *Ruschmeyer, K.*: Permanentmagnete und ihre Weiterentwicklung. Valvo-Berichte 1974, Heft 2, S. 29...40.

Unter der Bezeichnung Multiwire wurde von Hans Kolbe & Co. (Fuba) eine neue Art der Leiterplatte realisiert, mit der die Entwicklungsdauer neuer Geräte erheblich verkürzt werden kann. Obwohl sich mit diesem Verfahren eine sehr große Packungsdichte erreichen läßt, ist für den Anwender nur ein Minimum an Unterlagen und Vorbereitungen erforderlich. Eventuell notwendige Änderungen sind unproblematisch und mit geringem Kostenaufwand durchführbar.

Alfred Märtens

Multiwire-Leiterplatten

Bei der Umsetzung eines Schaltplanes in eine reproduktionsfähige Leiterbildzeichnung stellen sich bereits bei mittleren Packungsdichten immer wieder die gleichen Schwierigkeiten ein. Der Entwickler muß notgedrungen einen erheblichen Zeitaufwand für die Festlegung der Leiterbildgeometrie in Kauf nehmen, denn der fast immer begrenzte Platz reicht auch bei Inanspruchnahme der Leiterplattenrückseite und vieler Umsteigelöcher meist nur knapp aus. Als letzter Ausweg bleiben vielfach nur Drahtbrücken übrig, auch wenn sie im allgemeinen nicht beliebt sind.

Bis zum greifbaren Erfolg in Form der fertigen Leiterplatte ist es aber auch dann noch ein weiter, meist mühevoller Weg. Das Kleben oder Lichtzeichnen und damit Umsetzen in einen fertigungsgerechten Zustand deckt unbarmherzig jeden Entwurfsfehler auf und verursacht zusätzlichen Entwurfsaufwand. Die Tatsache, daß von der Entwicklungsseite das Leiterbild als letztes fertig ist, für den Geräteaufbau aber zuerst die fertige Leiterplatte benötigt wird, bringt noch eine zusätzliche Hektik in den ganzen Prozeß. Auch die Vergabe dieser Arbeiten an Fremdfirmen löst die Probleme nur teilweise und bleibt vom Zeitaufwand her in der gleichen Größenordnung.

Das Multiwire-Verfahren

Das Multiwire-Verfahren kann dagegen bereits im Stadium des Entwurfs entscheidende Vorteile und Erleichterungen bieten. Anstelle der Entwurfszeichnung ist es hier nur noch erforderlich, auf einem vom Leiterplattenhersteller zur Verfügung gestellten Rasterblatt im Maßstab 2:1 die Lage der Bestückungslöcher, die Befestigungsbohrungen und die Außenabmessungen zu skizzieren (*Bild 1*).

Die Rasterangaben an den Rändern des Blattes ermöglichen ein leichtes Auffinden der x- und y-Koordinaten und damit die exakte Positionsangabe sämtlicher Punkte, die miteinander verbunden werden sollen. In einer Verbindungsliste werden dann alle zueinander gehörenden Koordinaten einer Leiterführung des gleichen Potentials durch fortlaufende Nummern gekennzeichnet.

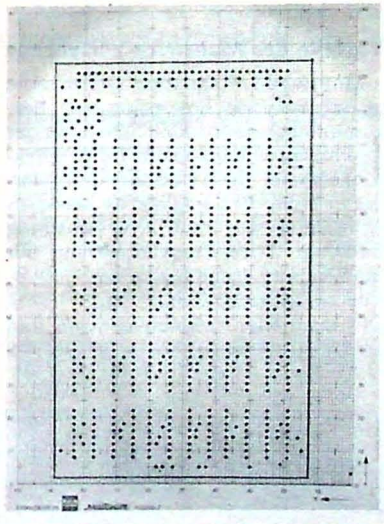
Damit endet bereits der Arbeitsaufwand des Anwenders. Alles Weitere wird vom Multiwire-Hersteller übernommen, der selbstverständlich auch in der Lage ist, auf Wunsch den Schaltplan als Ausgangsbasis zu akzeptieren sowie die Lochpositionen festzulegen und die Verbindungsliste zu erstellen.

Für die Weiterverarbeitung der Daten ist die Hilfe eines Rechners notwendig, der mit speziellen Programmierungen innerhalb von Minuten die kürzesten Wege aller gewünschten Verbindungen findet und zuverlässig speichert. Das ist verhältnismäßig einfach, da eine Besonderheit dieses Systems darin besteht, daß auf Kreuzungen der Leitungsverbindungen keine Rücksicht genommen werden muß. Trotzdem wird es bei entsprechender Packungsdichte nicht möglich sein, sämtliche Verbindungen auf einer Leiterplattenseite unterzubringen. Dafür kann dann der Platz auf der Leiterplattenrückseite genutzt werden.

Als Endprodukt des Rechners stehen Lochstreifen für die Steuerung der Multiwire-Maschine und NC-Bohrmaschine zur Verfügung.

In der Zwischenzeit wurde bereits die Grundplatte zur Aufnahme der Verdrahtungen vorbereitet. Sie besteht aus dem auch für normale Leiterplatten üblichen Basismaterial und wird beidseitig mit einem speziellen Haftvermittler beschichtet, der zur Befestigung der Verbindungsdrähte auf der Grundplatte dient (*Bild 2*). Dieser Arbeitsgang erfolgt auf einer Spezialmaschine, die an vier Stationen gleichzeitig polyimidisolierte Drähte auf vier Einzelplatten in der vom Rechner ermittelten Konfiguration verlegt (*Bild 3*). Wegen der Polyimidisolation sind dabei Leiterkreuzungen ohne weiteres zulässig. *Bild 4* zeigt eine solche Drahtkreuzung als Schliffbild.

Bei der Weiterverarbeitung werden die Drähte unter Verwendung harzgetränkter Glasmatten mit Wärme und Druck durch eine hydraulische Presse



▲ Bild 1.
Auf dem Rasterblatt werden die Lage der Bestückungslöcher, die Befestigungsbohrungen und die Außenabmessungen skizziert

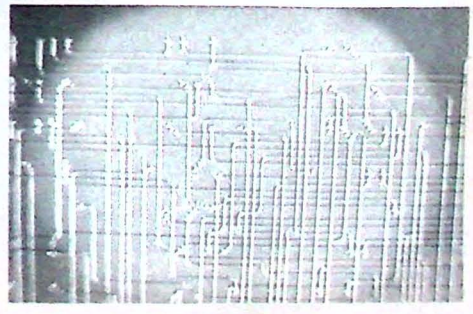


Bild 2. ▶
Ausschnitt aus der Verdrahtung

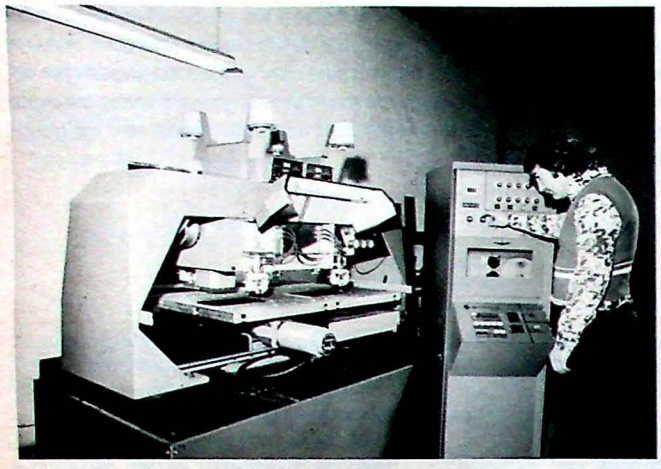


Bild 3. Numerisch gesteuerte Drahtlegemaschine

eingebettet. Auf die Außenlagen bringt man dabei Kupferfolien auf, so daß nach dem Verpressen eine Platte entstanden ist, die äußerlich von einem doppelseitig kaschierten Basismaterial der üblichen Ausführung kaum zu unterscheiden ist.

In dem sich anschließenden Bohrprozeß zur Herstellung der Bestükkungslöcher werden gleichzeitig die im Platteninneren liegenden Drähte angebohrt. Mit mehreren chemischen und galvanischen Arbeitsgängen erfolgt dann die Metallisierung der Bohrungen mit Kupfer. Dabei ist gewährleistet, daß das abgeschiedene Kupfer eine zuverlässige metallische Verbindung mit dem Kupfer der gelegten Drähte eingeht. In *Bild 5* ist die Verbindung des Drahtes mit der Plattierung der Bohrung durch einen Querschliff sichtbar gemacht.

Nachdem Bohrungswandungen und Lötaugen mit einer Zinnauflage geschützt wurden, kann alles überflüssige Kupfer auf der Plattenoberfläche durch einen Ätzprozeß entfernt werden. Als Endprodukt steht dann eine Leiterplatte zur Verfügung, die auf der Oberfläche nur Lötaugen aufweist und bei der sämtliche Verbindungen im Inneren der Platte – geschützt gegen thermische, chemische und mechanische Einflüsse – untergebracht sind.

Vorteile des Multiwire-Verfahrens

Multiwire-Leiterplatten stellen eine technisch neue Ergänzung zur herkömmlichen gedruckten Schaltung dar und bieten sich besonders für Entwicklungsmuster, für Kleinserien bei geforderter hoher Packungsdichte sowie als Alternative zur Multilayer-Schaltung und zur Wire-Wrapverdrahtung für mittlere und große Serien an.
Ihre besonderen Vorteile sind:
Die manuellen, zeitaufwendigen und lohnintensiven Entflechtungsarbeiten mit anschließendem Kleben oder Zeichnen der Druckunterlagen entfallen.
Es ist kein kompliziertes Layout wie bei gedruckten Schaltungen erforderlich, man kommt direkt – also ohne den Umweg über Druckvorlagen – vom Stromlaufplan zu fertigen, funktionsfähigen Leiterplatten.
Das Leiterbild und die Datenträger für die Fertigungsmaschinen werden ausschließlich vom Computer erstellt; daher lassen sich Änderungen einfacher und schneller als bei herkömmlichen Schaltungstechniken durchführen.
Die Leitungen sind sichtbar, so daß in einem gewissen Umfang Korrekturen an der fertigen Leiterplatte möglich sind.
Die fertige Multiwire-Leiterplatte ist nicht dicker als eine Multilayer-Leiterplatte.
Da Leiterkreuzungen zugelassen sind, erreicht man sehr hohe Packungsdichten (bis zu 50 Anschlußpunkte je Quadratzoll).
Die Leiterplatten weisen wegen ihrer numerisch gesteuerten Herstellung hohe Präzision und Reproduzierbarkeit auf und entsprechen damit den Anforderungen der automatischen Bestükkung. Die isolierten Leiter bilden ein Verbindungssystem mit eingebauter Lötstopmaske, das dadurch immun gegen Überbrückung und andere ungewollte Kontaktierungen ist.

Im Gegensatz zum Wire-Wrap-System, bei dem es unmöglich ist, eine konstante Impedanz (festgelegte Höhe des Leiters über der Grundfläche) aufrechtzuerhalten, bietet das Multiwire-Verfahren eine kontrollierte Impedanz für die gesamte Schaltungsverdrahtung. Hier hat jeder Draht einen definierten Abstand von anderen Drähten und von der Grundfläche.

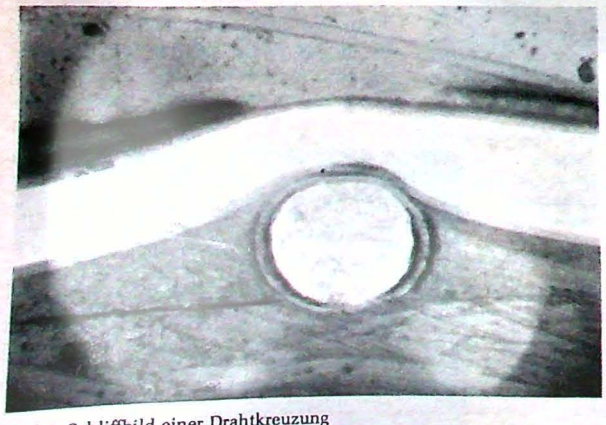


Bild 4. Schliffbild einer Drahtkreuzung

Bild 5. Schliffbild der Verbindung des Drahtes mit der Plattierung der Bohrung

Die Fertigungstoleranzen bei In-Line-Farbbildröhren und den zugehörigen selbstkonvergierenden Ablenkeinheiten werden immer mehr eingeengt, um bei der Kombination der beiden Bauelemente möglichst wenig Ausschuß zu bekommen und damit die Kosten in vernünftigen Grenzen zu halten. Dies gelang der ITT Bauelemente Gruppe Europa, Werk Straubing, bisher gut bei Ablenkeinheiten mit der bewährten Toroid-Wikkeltechnik. Im folgenden soll anhand der neuen Semi-Toroid-Ablenkeinheit FHA 90-21 für die 51-cm-90°-Farbbildröhre A 51-210 X eine ähnlich genaue, neue Wickeltechnik für Sattelspulen beschrieben werden.

Ing. (grad.)
Friedrich Nelle

Farbablenkeinheiten in PSS-Technik

Die Toroid-Wickeltechnik bei Farbablenkeinheiten bietet viele Vorteile, wie einfache Montage, kurze Wickelzeit, gute Reproduzierbarkeit und nicht zuletzt Preiswürdigkeit (1). Allerdings sind dieser Technik Grenzen gesetzt. So ist es zum Beispiel nicht möglich, die in jüngster Zeit vom Markt geforderten hohen Impedanzen bei den Horizontalspulen zu verwirklichen, da wegen der Verschachtelung der Vertikalwicklung mit der Horizontalwicklung eine ausreichende Spannungsfestigkeit ohne zusätzlichen Aufwand nicht mehr gewährleistet werden kann. Weiterhin ist der Energiebedarf für die Horizontalablenkung bei Toroid-Ablenkeinheiten, bedingt durch das größere äußere Streufeld, größer als bei Sattelspulen-Ablenkeinheiten.

Dem gegenüber stehen die hinlänglich bekannten Nachteile der herkömmlichen, in eine Schablone gewickelten, gepreßten und verbackenen selbsttragenden Sattelspulen. Hier sei nur die schwer und mit großem Aufwand erreichbare Reproduzierbarkeit genannt.

Die Präzisions-Strangwickel-Technik

Die erwähnten Vor- bzw. Nachteile der verschiedenen Wickeltechniken führten dazu, daß man sich im ITT-Bauelementewerk Straubing über eine neue Wickeltechnik Gedanken machte, wie man die Vorteile der beiden Wickelarten vereinigen, aber deren Nachteile ausschließen könnte.

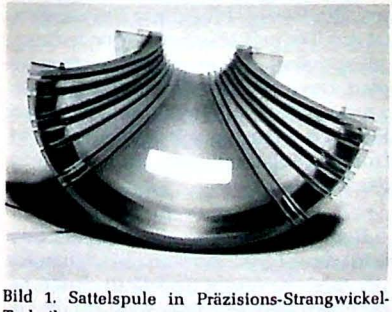


Bild 1. Sattelspule in Präzisions-Strangwickel-Technik

Das Ergebnis dieser Überlegung war eine Sattelspule in Präzisions-Strangwickel-Technik. *Bild 1* zeigt eine solche Spule. Sie besteht aus einem glasfaserverstärkten Kunststoffspulenträger, der auf der Innenseite mit in Längsrichtung verlaufenden Nuten versehen ist und an den beiden Stirnseiten Quernuten aufweist, und dem in die Nuten gewickelten Draht.

Die Verteilung der das Ablenkfeld erzeugenden Leiter wird bei dieser Art der Wickeltechnik durch die Anordnung der Längsnuten und durch die Anzahl der Windungen innerhalb der Nuten bestimmt. Letztere sind so ausgebildet, daß sie bei richtiger Windungszahl nahezu ausgefüllt sind. Die durch die Spritzgußtechnik erreichte fast toleranzfreie Anordnung der Nuten und deren definiertes Bewickeln garantieren eine große Genauigkeit der Windungsverteilung.

Die Drahtrückführungen verlaufen in den oben erwähnten Quernuten und bilden so den sogenannten Wickelkopf. Das Bewickeln des Spulenträgers erfolgt durch eine von einem Mikroprozessor gesteuerte Wickelmaschine, die in Zusammenarbeit mit einem namhaften deutschen Wickelmaschinenhersteller entwickelt wurde.

Die so gewickelten Präzisions-Strangwickel-Spulen (PSS) sind so genau, daß sie beim Zusammenbau der PSS-Ablenkeinheit weder selektiert noch gepaart werden müssen.

Zusammenbau der PSS-Ablenkeinheit

Der Zusammenbau soll am Beispiel der für die 51-cm-90°-Farbbildröhre A 51-210 X entwickelten Ablenkeinheit FHA 90-21 erläutert werden. Hierzu werden zwei Präzisions-Sattelspulen zusammengesteckt, und durch einen Ring, der über den vorderen Wickelkopf geschoben wird (*Bild 2*), sowie durch eine Kappe, die am hinteren Wickelkopf eingerastet wird, zusammengehalten. Die Kappe ist gleichzeitig Träger für die Anschlußleiste und für die Schelle, mit der man die Ablenkeinheit am Röhrenhals befestigt (*Bild 3*).

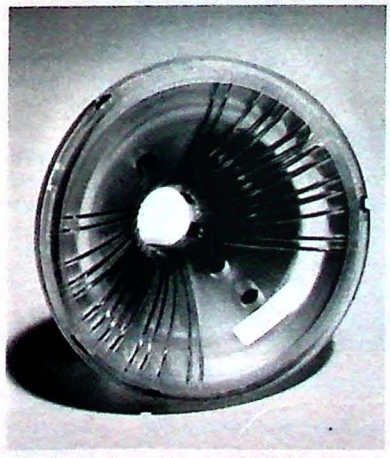


Bild 2. Vorderansicht der Farbablenkeinheit FHA 90-21

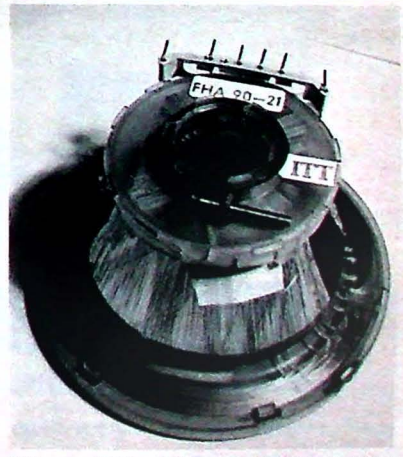


Bild 3. Rückansicht der Farbablenkeinheit FHA 90-21

Technische Daten der Ablenkeinheit FHA 90-21

Horizontal-spulen	Vertikal-spulen
L_H = 1,63 mH	L_V = 30 mH
R_H = 1,75 Ω	R_V = 15 Ω
$I_{H\,ss}$ = 3,4 A	$I_{V\,ss}$ = 780 mA
Ost-West-Rasterverzeichnung = 4,5 %	Nord-Süd-Rasterverzeichnung = 0,5 %

Über die so entstandene Horizontalablenkspule werden die beiden toroidal bewickelten Jochringhälften für die Vertikalablenkung geschoben und zusammengespannt. Der richtige Sitz der Vertikalspulen wird durch Distanzhalter, die an den Spulenkörper der Horizontalspule angespritzt sind, gewährleistet. Die elektrischen Daten der PSS-Ablenkeinheit FHA 90-21 sind in der *Tabelle* zusammengestellt.

Mit der beschriebenen Wickeltechnik ist es gelungen, Sattelspulen hoher Präzision herzustellen, ohne daß man dabei – wie bei herkömmlichen, durch Thermoplast verbackenen Sattelspulen üblich – auf Wickelparameter wie Oberflächenbeschaffenheit der Wickelform und des Drahtes, Temperatur der Wikkelform, Preßdruck und vieles andere mehr achten muß. Dies bedeutet gute Reproduzierbarkeit und damit geringen Ausschuß.

Literatur

[1] *Senger, H.; Hecht, G.*: Aufbau und Herstellung des Toroid-Ablenksystems. FUNKSCHAU 1972, Heft 22, S. 815...816

Halbleiter-Testsystem

Keithley Instruments GmbH bietet ein neues, preisgünstiges DC-Testsystem für die Halbleiterfertigung an. Das System 2/LPT ist ein mikrocomputergesteuertes System zum genauen, schnellen und wirtschaftlichen Prüfen von DC-Parametern an MOS- oder bipolaren Halbleitern (*Bild*).

Das System 2/LPT (Linear Parametric Testsystem) wird zur Test-Pattern-Analyse von unkontaktierten Wafern oder zur Prüfung „gepackter Bauteile" eingesetzt. Dort, wo genaue Prüfung und Auswertung von DC-Parametern gefordert werden, liegt das Haupteinsatzgebiet.

Das System kann Spannungen und Ströme einspeisen, und Ströme, Spannungen und Widerstände während eines Testablaufes messen. Die Grundausstattung ist für schnelles Testen an 10 Pins an einer Teststation ausgelegt, und ist erweiterbar bis zu fünf Teststationen mit je 190 Pins.

Die Grundkonfiguration besteht aus einem LSI-11-Mikrocomputer, Doppel-Floppy-Disks, einem CRT-Bildschirmterminal oder Eingangs-/Ausgangsterminal, Spannungsquelle, Stromquelle, Voltmeter, Picoamperemeter, Relaismatrix und einem dazugehörenden Software-Paket.

Der IEEE-488-Interface-Bus (IEC-Bus) ist die Schnittstelle zwischen Computer und Instrumenten bzw. Quellen. Alle Instrumente und Baugruppen sind eigenständige, steckerkompatible Geräte. Die Kommunikation der Systemkomponenten erfolgt über Standard Keithley Interfaces. ■

Halbleitertestsystem 2/LPT von Keithley zum Testen von Halbleiterchips

Frequenzfilter findet Platz auf einem Halbleiterchip

Die menschliche Sprache, die normalerweise einen Frequenzbereich von über 10 kHz umfaßt, wird seit jeher beim Telefonieren ohne merkliche Beeinträchtigung der Verständlichkeit auf eine Bandbreite von knapp 4 kHz reduziert, um die Vermittlung und Übertragung technisch zu vereinfachen. Statt der konventionell dazu verwendeten Schaltungen mit diskreten Elektronikbauteilen, wie Spulen, Kondensatoren und Widerständen, zeichnen sich auch hier integrierte elektronische Lösungen ab. So arbeitet Siemens beispielsweise an Tonfrequenzfiltern in integrierter Halbleitertechnik, die sich zusammen mit anderen Teilen eines Systems auf einem einzigen Chip unterbringen lassen. Ein Beispiel für diese Entwicklung ist ein Tiefpaß, der mit einer ladungsgekoppelten Schaltung (Charge Coupled Device) realisiert wurde. Gegenwärtig streben die Ingenieure an, dieses Filter so anzupassen, daß es bei PCM-Übertragungssystemen eingesetzt werden kann.

Bei dem integrierten Frequenzfilter wird das Signal mit verschiedenen Kapazitäten bewertet und läuft durch paralellgeschaltete Eingänge in die ladungsgekoppelte Schaltung (CCD). Mit einer Taktfrequenz von 24 kHz wird es dann von Element zu Element zum Ausgang geschoben. Für die Funktion als Tiefpaß wird der Frequenzgang so festgelegt, daß alle Signale mit Frequenzen unter einer gegebenen Grenzfrequenz die Filterschaltung ohne Beeinflussung durchlaufen. Signale mit höheren Frequenzen werden dagegen stark abgeschwächt. Bei der von Siemens realisierten Schaltung beträgt die Dämpfung im Sperrbereich über 30 dB, d.h., die Signalleistung wird dort auf weniger als ein Tausendstel verringert.

Gerhard Domanski

Die meisten Elektroniker werden als Halbleiter die Elemente Silizium und Germanium sowie Verbindungen aus bestimmten Elementen der II., III., IV. und V. Hauptgruppe des Periodensystems kennen. Weniger bekannt sein dürfte, daß auch organische Substanzen Halbleitereigenschaften aufweisen. Gerade solche Materialien werden in der letzten Zeit in der Literatur immer häufiger erwähnt [1, 2]. Der folgende Beitrag beschreibt kurz, was organische Halbleiter sind, beschränkt sich dann aber auf die polymerisch organischen Halbleiter, da diese technisch am weitesten entwickelt sind.

Polymerische organische Halbleiter

Die Bezeichnung ‚organisch' geht auf den Naturforscher Berzelius zurück, der sie zu Beginn des 19. Jahrhunderts zum erstenmal verwendete. Er war der Meinung, daß organische Stoffe nur von Organismen hergestellt werden können, da diese über eine geheimnisvolle „Lebenskraft" verfügen. Erst als es 1828 dem Chemiker Wöhler gelang, aus anorganischen Stoffen künstlich Harnstoff herzustellen, konnte die Lehre von der Lebenskraft widerlegt werden.

Bei der synthetischen Herstellung weiterer organischer Verbindungen erkannte man, daß sie alle Kohlenstoff enthielten. Organische Stoffe unterscheiden sich also von anorganischen durch das Vorhandensein des Elementes Kohlenstoff. Daraus resultieren aber gewisse Besonderheiten in ihrem Aufbau. Die wichtigste davon ist, daß der Kohlenstoff in Molekülen sich praktisch unbegrenzt mit sich selbst zu Ketten, Ringen, Netzen oder dreidimensionalen Gerüsten verbinden kann.

Oftmals wird der Begriff Halbleiter auch im Sinne von Halbleiterbauelement (z. B. Diode, Transistor) verwendet. Im folgenden soll jedoch unter Halbleiter ein Werkstoff verstanden werden, dessen Leitfähigkeit größer ist als die von Isolatoren, aber kleiner als die von Leitern. Die Leitfähigkeit γ ist der Kehrwert des spezifischen Widerstandes und wird in $(\Omega\ \mathrm{cm})^{-1}$ angegeben. Ein weiteres Kennzeichen für elektronische Materialien ist die Geschwindigkeit, mit der sich Ladungsträger unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes im Inneren des Stoffes bewegen können. Sie wird mit Beweglichkeit μ bezeichnet, und ihre Dimension ist $\mathrm{cm^2/Vs}$. *Tabelle 1* gibt Leitfähigkeit und Beweglichkeit für Metalle, Halbleiter und Isolatoren bei 20 °C an.

Gerhard Domanski, Jahrgang 1957. Mittlere Reife 1974, danach Praktikum Apparatebau bei der Firma Noller in Ludwigsburg. Von 1975 bis 1976 Praktikum Nachrichtentechnik bei der SEL, Stuttgart. Seit Mitte 1976 Schüler an der Technischen Oberschule Stuttgart, z. Z. in der Klasse 13.

Veranschaulichen lassen sich diese Vorgänge mit Hilfe des Bändermodells. *Bild 1* zeigt das Bändermodell eines Halbleiters. Dem Valenzband entspricht die äußerste Schale im Bohrschen Atommodell. Das Leitungsband ist die Zone, in der sich Elektronen frei bewegen können. Der Bandabstand E_0 gibt die Breite des verbotenen Bandes an, in dem sich keine Elektronen aufhalten können. Durch die Lage des Ferminiveaus E_F sind die Eigenschaften des Materials gekennzeichnet. Bei Metallen liegt E_F im Leitungsband, bei Halbleitern und Isolatoren dagegen im verbotenen Band.

Einteilung organischer Halbleiter

Bezüglich ihres atomaren Aufbaus lassen sich organische Halbleiter in vier große Gruppen einteilen:

Molekulare Kristalle

Bei molekularen Kristallen liegen die Moleküle parallel übereinander und werden durch Kohäsionskräfte (die Van-der-Waal-Kräfte) zusammengehalten. Die physikalisch am besten untersuchten Molekülkristalle sind Naphthalin und Anthracen, die beide Derivate des Benzols sind. Normalerweise sind organische Molekülkristalle Isolatoren, d. h. bei Zimmertemperatur befinden sich keine Ladungsträger im Leitungsband. Wird aber ein Molekülkristall mit Licht einer bestimmten Wellenlänge bestrahlt, so entstehen nach Überschreiten eines bestimmten Energiebetrages freie Ladungsträger. Die Beweglichkeit der Ladungsträger läßt sich messen, indem man an einem Ende des Kristalls durch einen kurzen Lichtblitz Ladungsträger erzeugt und dann die Zeit bestimmt, die die Ladungsträger zum Durchlaufen des Kristalls brauchen. In Molekülkristallen wurden sowohl für Elektronen als auch für Löcher Beweglichkeiten von 1 $\mathrm{cm^2/Vs}$ bei 20 °C bestimmt.

Eine andere Methode, freie Ladungsträger in einem Molekülkristall zu erzeugen, ist die Ladungsträgerinjektion. Mittels geeigneter Metallelektroden oder in einer Elektrolytlösung werden in den Kristall Ladungsträger injiziert. Dabei injiziert die Katode Elektronen und die Anode Löcher. Beim Zusammentreffen der Ladungsträger erfolgt Rekombination unter Aussendung von Licht.

Donator-Akzeptor-Komplexe (Complexes with Charge Transfer, CCT) und organische Radikal-Ionen

Donator-Akzeptor-Komplexe liegen meist in Form sehr kleiner Einzelkristalle vor. Im Gegensatz zu den molekularen Kristallen kommt hier zu der Van-der-Waal-Bindung noch eine Ionenbindung hinzu. Ihre Besonderheit

Tabelle 1. Leitfähigkeit und Beweglichkeit bei Metallen, Halbleitern und Isolatoren

Stoffklasse	Leitfähigkeit $(\Omega\ \mathrm{cm})^{-1}$	Beweglichkeit $\mathrm{cm^2/Vs}$
Metalle	$10^2 \ldots 10^8$	10^3
anorganische Halbleiter	$10^3 \ldots 10^{-9}$	$10^5 \ldots 10^{-3}$
organische Halbleiter		
organische Halbleiter	$10^2 \ldots 10^{-14}$	$10^2 \ldots 10^{-6}$
Isolatoren	$<10^{-14}$	$<10^{-4}$

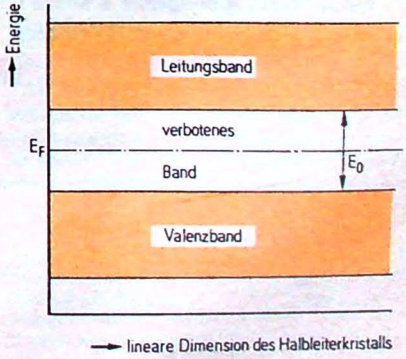


Bild 1. Bändermodell eines Halbleiters

ist aber, daß bestimmte Teile des Komplexes als Elektronendonator und andere als Elektronenakzeptor arbeiten, d. h. es erfolgt ein Ladungsübertrag (charge transfer) von einem Teil des Komplexes zu einem anderen. Prinzipiell besteht jeder Komplex aus einem Zentralatom oder Zentralion, um das sich andere Atome, die sogenannten Liganden, anlagern. Normalerweise sind organische Komplexverbindungen Isolatoren. Bei bestimmten derartigen Komplexen, wie einigen Derivaten des zweiwertigen Phenols (Hydrochinone) oder Derivaten von metallorganischen Verbindungen (Ferrocenen), genügt eine Änderung ihrer Zusammensetzung oder ein Temperaturanstieg, um aus ihnen Halbleiter werden zu lassen. Die physikalischen Vorgänge beim Zustandekommen der Halbleitereigenschaften werden zur Zeit noch erforscht.

Organische Radikal-Ionen bestehen aus Atomen oder Atomgruppen mit einem oder mehreren ungepaarten Elektronen. Nur sehr wenige dieser Stoffe sind überhaupt beständig. Beispiele für solche beständigen Radikale finden sich unter den Chinonen (Semichinone/Merichinone).

Organische Farbstoffe

Organische Farbstoffe sind Verbindungen, welche die Färbung von Naturstoffen bewirken oder zum Färben anderer Materialien dienen (nicht jeder farbige Stoff ist also ein Farbstoff). Einige Farbstoffverbindungen, die Porphinfarbstoffe und die Karotinoide, weisen Halbleitereigenschaften auf. Zu den Porphinfarbstoffen gehören der rote Blutfarbstoff Hämoglobin mit der eisenhaltigen Farbkomponente Häm sowie der grüne Blattfarbstoff Chloroplastin mit der magnesiumhaltigen Farbkomponente Chlorophyll. Bei beiden Stoffen wird zur Zeit noch untersucht, ob der für die biochemischen Reaktionen wichtige Energietransport auf die Halbleitereigenschaften zurückzuführen ist.

Metall-Phthalozyanine, die den Porphinfarbstoffen nahe verwandt sind, werden heute schon wegen ihrer Halbleitereigenschaften als Laser verwendet.

Polymere

Polymere bestehen aus langen Ketten von Makromolekülen. Auf diese Gruppe wird im folgenden näher eingegangen.

Molekularer Aufbau von Polymeren

Polymere sind Kunststoffe, die aus vielen gleichartigen Molekülen bestehen. Nach der Art ihrer Herstellung unterscheidet man chemisch abgewandelte Naturstoffe sowie halbsynthetische und vollsynthetische Produkte. Letztere werden aus einfachen Molekülen (den Grundmolekülen oder Monomeren) aufgebaut. Hierbei entstehen lange, als Riesen- oder Makromoleküle bezeichnete Molekülketten mit hoher Molekülmasse. Ihre Zusammenlagerung geschieht durch Polymerisation, Polykondensation oder Polyaddition. Zur Einleitung und Durchführung dieser Reaktionen sind Energie in Form von Wärme sowie häufig Katalysatoren erforderlich. In *Tabelle 2* [6] sind diese drei Reaktionstypen definiert und jeweils anhand eines allgemeinen Beispiels dargestellt. Die Zahl der im Molekül enthaltenen Monomere und somit auch die Molekülmasse werden durch den Polymerisationsgrad n bestimmt.

Bild 2 zeigt, wie eine Molekülkette aussehen kann. Ihre Gestalt wird von der Form der Monomere bestimmt. Die Kette ist schlank und beweglich bei einfach gebauten Monomeren. Sind sie hingegen voluminös, so daß Seitengruppen vorhanden sind, dann wird die räumliche Beweglichkeit eingeschränkt. Die Kohlenstoffatome in der Kette können nicht nur durch Einfachbindungen, sondern auch durch Doppel-, konjugierte Doppel-, Dreifach- und kumulierte Doppelbindungen miteinander verknüpft werden. Diese Bindungen lassen sich mit Hilfe des Orbi-

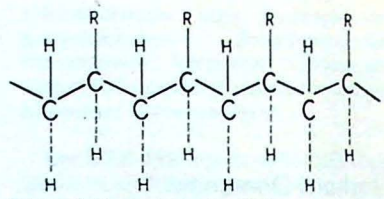


Bild 2. Aufbauvariante eines Polymers

talmodells veranschaulichen. Im Gegensatz zum Bohrschen Modell faßt das Orbitalmodell die Elektronen nicht als einzelne Teilchen, sondern als Elektronenwolken auf; das sind Ladungswolken mit der größten Aufenthaltswahrscheinlichkeit für Elektronen. Die Orbitale sind der Aufenthaltsraum (die Elektronenschalen) um den Kern. Bestimmt werden diese Elektronenschalen mit Hilfe der vier Quantenzahlen:

1. Die Hauptquantenzahl bestimmt die Schalennummer für das Orbital.
2. Die Nebenquantenzahl berücksichtigt, daß sich jede Elektronenschale noch in Unterschalen gliedern läßt, die mit s, p, d und f bezeichnet werden.
3. Die Spinquantenzahl bestimmt den Eigendrehimpuls des Elektrons.
4. Die Magnetquantenzahl gibt die Orientierung des Orbitals im Raum an.

Die Molekülorbitale, wie bei Methan CH_4, lassen sich nun so deuten, daß die Valenzschalen durch Überlagerung der s- und p-Wolken eine Elektronenanordnung mit vier keulenförmigen Wolken gebildet haben. Da es sich hier um eine Mischung (Hybridisierung) aus einem s- und drei p-Orbitalen handelt, wird diese Anordnung als sp^3-Hybrid bezeichnet.

Bild 3 veranschaulicht das Zustandekommen eines sp^3-Orbitals. Die Einfachbindung entsteht durch Überlappung eines der drei sp^2-Orbitale durch das Orbital eines anderen C-Atoms. Alle Elektronen, die sich in sp-Orbitalen befinden, heißen σ-Elektronen und ihre Bindungen σ-Bindungen. Die Elektronen der p-Orbitale heißen π-Elektronen und ihre Bindungen π-Bindungen. Für die Elektronenmodelle der Doppel-, der konjugierten Doppel-, der Dreifach- und der kumulierten Doppelbindung ist in *Bild 4* jeweils ein Beispiel angegeben.

Halbleitende Polymere

Polymere wie Polyvinylchlorid, Polyäthylen oder Polybutadien, bei denen keine Halbleitereigenschaften beobachtet wurden, sind meist relativ einfach aufgebaut. Die Makromoleküle polymerischer Halbleiter enthalten dagegen häufig konjugierte oder kumulierte Doppelbindungen oder Systeme von alternierenden Doppel- und Dreifachbin-

Tabelle 2. Herstellung von Polymeren

Polymerisation	Polykondensation	Polyaddition
Die Monomere lagern sich unter Aufhebung der Doppelbindungen zu Makromolekülen zusammen.	Die Monomere schließen sich unter Abspaltung von Wasser zu Makromolekülen zusammen.	Die Monomere verbinden sich unter Auflösung einer Doppelbindung zur Einfachbindung und Platzwechsel eines H-Atoms.
Beispiel: *Polyäthylen* $nH_2C = CH_2 \rightarrow -(CH_2 - CH_2)_n-$	Beispiel: *Polyamide* $nH_2N-R-COOH \rightleftarrows H[NH-R-CO]_n\,OH + (n-1)\,H_2O$	Beispiel: *Polyurethane* $nOC=N-R-N=CO + nHO-R'-OH \rightarrow -[R-N-CO-O-R'-O-CO-N-H]_n$
R, R' sind variable Atomgruppen		

dungen und sind somit relativ kompliziert aufgebaut. In *Tabelle 3* sind einige Beispiele von halbleitenden Polymeren zusammengestellt.

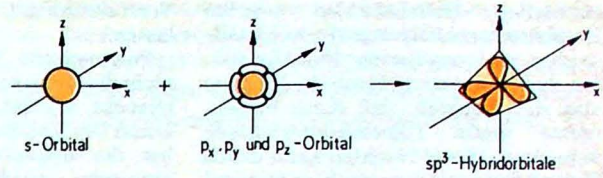
Die Kompliziertheit des molekularen Aufbaus ist aber häufig nur ein grobes Unterscheidungsmerkmal, so daß bei vielen Kunststoffen erst nach einer genauen Untersuchung bestimmt werden kann, ob der Stoff ein Halbleiter ist oder nicht. Andererseits hat der Chemiker heutzutage die Möglichkeit, Kunststoffe so herzustellen, daß sie bestimmte physikalische Eigenschaften aufweisen. Da aber bis jetzt noch keine umfassende Erklärung der physikalischen Vorgänge in halbleitenden Polymeren vorliegt, kann der Chemiker von der oben genannten Möglichkeit nur bedingt Gebrauch machen.

Der Leitungsmechanismus in polymerisch organischen Halbleitern

Während zur Beschreibung des Leitungsmechanismus in anorganischen Halbleitern die Bandtheorie ausreicht, muß zur Beschreibung der Leitungsvorgänge in polymerischen Halbleitern der Hüpf-, Tunnel- und Bandmechanismus herangezogen werden.

Beim *Hüpfmechanismus* geht man davon aus, daß die Ladungsträger, um von einer Zone mit guter Leitfähigkeit in eine weitere Zone mit guter Leitfähigkeit gelangen zu können, einen Potentialwall mit schlechter Leitfähigkeit überspringen müssen. Es wird angenommen, daß die Zonen mit guter Leitfähigkeit diejenigen Bereiche sind, wo sich π-Orbitale überlappen. Dies sind also die Bereiche, wo Doppel- oder Dreifachbindungen vorliegen. Der zu überspringende Potentialwall ist dann der Bereich, in dem keine Vielfachbindung vorliegt.

Bild 3. Entstehung der Hybride aus einem s- und drei p-Orbitalen [6]



Der *Tunnelmechanismus* dürfte den meisten Elektronikern von der Tunneldiode her bekannt sein. Hier durchtunneln Majoritätsträger einen durch die Sperrschicht hervorgerufenen Potentialwall. Bei polymerisch organischen Halbleitern ist dieser Potentialwall wiederum das Gebiet zwischen zwei Zonen guter Leitfähigkeit, das überbrückt werden muß. Während aber beim Hüpfmechanismus der Potentialwall relativ breit ist, muß man sich für den Tunnelmechanismus diesen Wall als sehr dünn vorstellen.

Anregen lassen sich der Hüpf- und der Tunnelmechanismus durch Licht, Wärme oder eine elektrische Spannung.

Beim *Bandmechanismus* geht man davon aus, daß sich in Zonen, in denen sich π-Orbitale überlappen, freie π-Elektronen befinden. Diese Elektronen der π-Orbitale driften aufgrund von thermischer Energie von einem π-Orbital zu einem anderen. Dabei rekombinieren sie teilweise oder rufen weitere freie Elektronen hervor, so daß ein Strom fließt. Der Vorgang erstreckt sich über das gesamte Molekül, ist aber vermutlich von der Kettenlänge abhängig, so daß er in verschiedenen Teilen des Makromoleküls verschieden stark auftritt.

Welcher Mechanismus nun in einem bestimmten polymerischen Halbleiter vorliegt, läßt sich heute noch nicht mit Bestimmtheit sagen. Es zeigt sich, daß auch unter Berücksichtigung der oben genannten Effekte noch keine umfassende Beschreibung der Leitungsvorgänge in polymerischen Halbleitern möglich ist.

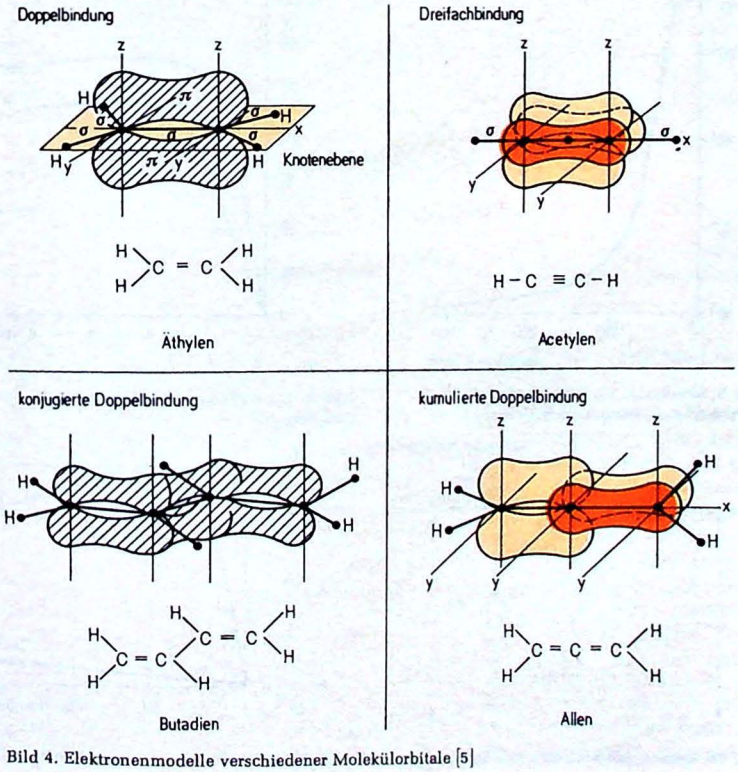


Bild 4. Elektronenmodelle verschiedener Molekülorbitale [5]

Organische Heißleiter als experimentelles Anwendungsbeispiel

Obwohl noch keine umfassende Beschreibung der Leitungsvorgänge in polymerischen Halbleitern vorliegt, sind doch schon zu Experimentierzwecken organische Halbleiterbauelemente hergestellt und untersucht worden.

Wegen ihres negativen Temperaturbeiwerts eignen sich polymerische Halbleitermaterialien besonders für

Tabelle 3. Beispiele polymerischer Halbleiter [3]

Polymer	Formel
Polyacetonitril	$\left[\begin{matrix}C=N\\ CH^3\end{matrix}\right]_n$
Polycyanidsäure	$\left[\begin{matrix}C=N\\ OH\end{matrix}\right]_n$
Mischpolymer aus Acetylen und Propensäurenitril	$\left[\begin{matrix}CH=C-CH=CH\\ \quad\quad C\equiv N\end{matrix}\right]_n$
Mischpolymer aus Dibromacetylen und Acetylen	$\left[\begin{matrix}C=C-CH=CH\\ Br\quad Br\end{matrix}\right]_n$

Heißleiter. Üblicherweise werden Heißleiter aus Mischungen von Metalloxiden und oxydierten Mischkristallen durch Sintern hergestellt. Dies hat aber den Nachteil, daß diese Bauelemente große Toleranzunterschiede aufweisen. Dieser Nachteil kann durch Verwendung von organischem Material vermieden werden.

Für Experimentierzwecke wurden organische Heißleiter hergestellt [3], indem pulverisiertes Halbleitermaterial zu Perlen gepreßt und dann entweder in ein mit Gas gefülltes oder luftleeres Glasgehäuse eingeschmolzen wurde (*Bild 5*). Bei diesen Heißleitern wurde dann die Widerstands-Temperatur- und die Strom-Spannungs-Kennlinie aufgenommen. Mit Hilfe dieser Kennlinien konnten die weiteren Kenngrößen, wie Kaltwiderstand, Temperaturkoeffizient und Wärmeleitwert (Ableitungskonstante), berechnet werden. Der Kaltwiderstand R_{20}, gemessen in Ω, ist der Widerstand eines Heißleiters bei 20 °C. Der Temperaturkoeffizient in %/°C gibt an, um wieviel % sich der Widerstand bei Erwärmung um 1 °C ändert, und der Wärmeleitwert (G_{th}) in mW/°C stellt die Leistung dar, die erforderlich ist, um den Heißleiter um 1 °C über die Umgebungstemperatur zu erwärmen.

Bild 6 zeigt die Widerstands-Temperatur- und die Strom-Spannungs-Kennlinie für Polydiacetamid mit einer Synthesetemperatur von 450 °C. Die Synthesetemperatur gibt an, bei welcher Temperatur der Stoff polymerisiert wurde. Dies ist wichtig, weil festgestellt wurde, daß die Kennlinien je nach Synthesetemperatur für denselben Stoff unterschiedlich sind.

Schaltungstechnisch lassen sich organische Heißleiter ebenso wie anorganische behandeln. Sie können zur Temperaturmessung, Temperaturregelung oder Temperaturkompensation verwendet werden. Aber auch Spannungsstabilisierung ist damit möglich (*Bild 7a*), wenn das organische Heißleitermaterial so beschaffen ist, daß die Spannung im Maximum der Strom-Spannungs-Kennlinie der geforderten Ausgangsspannung des Stabilisators entspricht bzw. wenn der Strom in der Mitte des Arbeitsbereiches genauso groß wie der Strom durch die Last ist. Bild 7b veranschaulicht, wie sich diese Voraussetzungen grafisch bestimmen lassen.

Polymerische Heißleiter sind aber nicht die einzigen Bauelemente, die untersucht wurden. Man stellte auch schon Druckaufnehmer für Meßzwecke her, die beispielsweise in Mikrofonen eingesetzt werden können. Druckwandlersysteme, die sich als Lautsprecher verwenden lassen, wurden ebenfalls schon erprobt.

Zukünftige Entwicklung

Vorangetrieben wird die Entwicklung von polymerischen Halbleitern vor allem dadurch, daß die Forschung bestrebt ist, Halbleitermaterialien zu finden, mit denen noch komplexere Bauelemente hergestellt werden können. Weitere Überlegungen, hauptsächlich von amerikanischen Forschern, gehen davon aus, daß sich mit polymerischen Halbleitern ein dem Transistor ähnliches Bauelement herstellen läßt. Man vermutet, daß es dann vielleicht einmal mit diesen Elementen möglich sein wird, auf einem Chip mehrere Schichten von integrierten Schaltungen übereinander unterzubringen, die elektrische, fotoelektrische und optische Funktionen gleichzeitig erfüllen können. Durch solche Bauelemente würden sich für die gesamte Elektrotechnik, aber auch für die biologische und die Nuklearforschung große Vorteile ergeben.

Literatur

[1] *Lawrence, G. L.*: Electric power from the sun. Wireless World 1976, Nr. 1490, S. 50...54.

[2] Kann ein organisches Material die Elektronik revolutionieren? Elektronik 1975, Nr. 10, S. 81.

[3] *Paushkin, M. Y. u.a.*: Polymeric Semiconductors. John Wiley, New York 1974.

[4] *Gutmann, F.; Lyons, E.L.*: Organic Semiconductors. John Wiley, New York 1967.

[5] *Wilk, M.*: Organische Chemie. Mannheim 1967.

[6] *Otto, A.; Caspar, S.; Hild, W.*: Chemie Sekundarstufe II. Verlag Handwerk und Technik, Würzburg 1976.

[7] *Kaufmann, Morris*: Riesenmoleküle. DVA Stuttgart 1970.

[8] *Böttcher, H.*: High-Polymer-Film ermöglicht neue Wandlersysteme. FUNKSCHAU 1977, Nr. 4, S. 157...160.

[9] Hochmolekulare Polymer-Wandler. FUNKSCHAU 1974, Nr. 21, S. 817.

[10] Piezoelektrischer Kugel-Lautsprecher. FUNKSCHAU 1976, Nr. 15, S. 619.

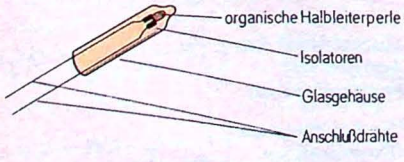


Bild 5. Organischer Heißleiter

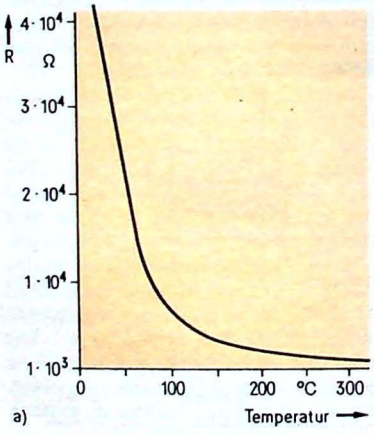


Bild 6. Kennlinien für Polydiacetamid [3]: a) Widerstands-Temperatur-Kennlinie

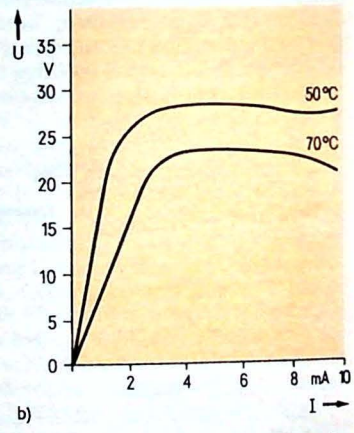


Bild 6b. Strom-Spannungs-Kennlinien für zwei Temperaturen

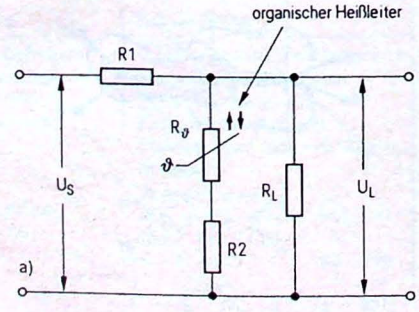


Bild 7a. Spannungsstabilisator mit organischem Heißleiter [3]: a) Schaltbild

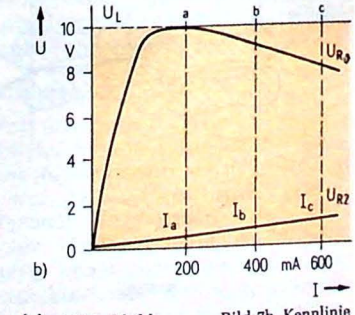


Bild 7b. Kennlinie

Wenn dieses Heft der FUNKSCHAU beim Leser ist, sind es nur noch wenige Tage bis zum Inkrafttreten des neuen „Genfer Wellenplanes von 1975" für LW und MW. Am 23. November 1978, genau um 00.01 Uhr GMT (= 01.01 Uhr MEZ), wird er in Kraft treten. Es ist übrigens der *zweite* in Genf erarbeitete Wellenplan, denn vor genau 52 Jahren – im November 1926 – wurde der erste Wellenplan Europas überhaupt, der Genfer Plan von 1926, wirksam.

Hermann Jäger

Die deutschen Sender und der neue Genfer Wellenplan

Vorausschau auf die Auswirkungen der Umstellung.

Wesentlicher Unterschied dieser zwei „Genf-Pläne" zur Verteilung von Rundfunkwellen: Der Plan von 1926 galt nur für Europa; der Genfer Plan von 1975 aber für die ganze Welt – ausgenommen nur Gesamt-Amerika –, also für die beiden Rundfunk-Regionen 1 (Europa, Afrika und Nahost) und 3 (Asien und Ozeanien). Nicht aber, wie gesagt, für die Rundfunk-Region 2 (Amerika). Weiterer wesentlicher Unterschied zwischen beiden Genf-Plänen: Anno 1926 war die Zahl der Sender auf MW und LW, in der ganzen Welt, noch überschaubar und die Einigung leichter, anno 1975 aber ungeheuer schwer, denn die Zahl der Sender auf MW und LW zwischen London im Westen und Melbourne im Südosten der beiden Regionen 1 und 3 ist gewaltig gewachsen.

Die FUNKSCHAU möchte in zwei aufeinanderfolgenden Beiträgen (in diesem und dem folgenden Heft 24/78) eine Bilanz der „Verteilungsarbeit" in Genf ziehen: Während in diesem Heft primär die Auswirkungen des neuen Genfer Planes auf die *deutschen* Sender untersucht werden sollen, werden wir uns in Heft 24 mehr mit einer Vorschau auf die Empfangs-Situation auf Mittel- und Langwelle in *Mitteleuropa* befassen.

Bundespost überraschend optimistisch

Wenden wir uns nun einer nüchternen Vorausschau auf die Auswirkungen des neuen Planes auf die deutschen Sender zu. Nicht nur den Verfasser hat es (nach Unterzeichnung des Werkes von Genf) wieder und wieder überrascht, wie optimistisch unsere Deutsche Bundespost den Plan beurteilt...Hieß es doch in der Zeitschrift „ZPF", Nr. 4/76, Seite 28, wörtlich wie folgt: „Das Ergebnis der Konferenz kann als positiv beurteilt werden." An anderer Stelle des gleichen Beitrages aber (Seite 29) räumt auch die Bundespost ein, „die Versorgung bei Tage ist generell verbessert, während für die Nachtversorgung bei einer Reihe von Sendern verstärkte Störungen auftreten können".

Größte Änderungen zugleich größte Verluste

Für die Sender der Bundesrepublik hat es, gegenüber dem Kopenhagener Wellenplan von 1948, die größten Veränderungen für die beiden Anstalten WDR (Köln) und BR (München) gegeben. Mit diesen Änderungen hat der Hörfunk der Bundesrepublik zugleich auch die beiden schlimmsten Verluste hinnehmen müssen. Der BR München verlor im neuen Genfer Plan seine bisherige MW 1 602 kHz. Es war die Welle mit der besten Fernwirkung. Über diese MW mit ihrer hohen Frequenz (Wirksamkeit der Raumwelle bei Dunkelheit!) waren die Sendungen des BR München in Norwegen so gut zu empfangen wie in Tunesien oder im Baltikum.

Die zweite große Änderung und damit zweiter großer Verlust für die westdeutschen Sender: Der WDR Köln verlor seine ebenfalls „weittragende" MW 1 586 kHz, auf der er bei Dunkelheit weit jenseits der Grenzen Zentral-Europas gut zu empfangen war.

Schlechter „Tausch" für München, mäßiger für Köln

Um bei diesen Verlusten und ihrer Bedeutung zu bleiben: Der WDR kann sich wenigstens damit trösten, mit der neuen MW 1 593 kHz eine halbwegs gleichwertige Welle bekommen zu haben (hohe Frequenz und damit gute Wirkung der Raumwelle). Der Sender München dagegen mußte in Genf eine Welle hinnehmen, die man allenfalls als eine gute „Tag-Welle" (gute Ausbreitung bei Tage) bezeichnen kann. München wird künftig auf 801 kHz arbeiten und Nürnberg auf 909 kHz. (Zugeteilt war in Genf umgekehrt, doch hat man die Erlaubnis erhalten, die obige Nutzung durchzuführen!) Beide BR-Wellen sind – schon wegen der realtiv niedrigen Frequenz – weit davon entfernt, gute Fernwirkungen bei Nacht (keine ausgeprägt gute Raumwelle) zu erzielen. Es kommt hinzu, daß sie – wie wir noch sehen werden – schlecht „koordiniert" sind, wie man in der Fachsprache sagt – das heißt: Mit Wellen-Mitbenutzern und Wellen-Nachbarn wird man hier seinen Kummer haben...

Der „Nachbar" mit 2 000 kW

Für die BR-Wellen kommt hinzu, daß man auf beiden Wellen (801 und 909 kHz) nur tagsüber mit Rundstrahlung (Strahlungsart A im Plan genannt) arbeiten darf und bei Nacht mit Richtstrahlung (B genannt) arbeiten muß. Für die MW 909 kHz (künftig von Nürnberg benutzt) kommt ferner hinzu, daß Wellen-Nachbar Mailand auf 900 kHz ganztägig *und* mit Rundstrahlung mit vollen 2 000 kW arbeiten kann. Auf der oberen Frequenzseite dieser BR-Welle, also 918 kHz, wird Laibach ganztägig mit 600 kW und Rundstrahlung arbeiten. Keine guten Aussichten, wie mir scheint, für abendlichen BR-Empfang auf dieser Welle...

Und die von München künftig genutzte Welle? Mitbenutzer von 801 kHz ist vor allem Leningrad – bis 16.00 Uhr mit 1 000 kW, ab 16.00 Uhr MEZ immerhin noch mit 500 kW; und immer mit Strahlungsart A. Nach der unteren Frequenzseite (792 kHz) ist das VoA-Relais Kavalla ferner mit 500 kW angesiedelt und Limoges (Frankreich) mit 300 kW. An der oberen Frequenzseite (810 kHz) arbeitet ganztägig und mit Rundstrahlung Skopje mit 1 000 kW. Dazu kommt noch mit 500 kW die BBC London. Auch hier also: Das Ergebnis einer glücklichen Koordination hat man hier nicht mit nach Hause gebracht.

Der BR selbst darf auf 801 kHz mit 500 kW arbeiten, auf der künftigen Nürnberg-Welle 909 kHz aber nur mit 200 kW. (Auf seiner bisherigen großartigen Fernwirkungs-Welle 1 602 kHz arbeitete der Sender BR München bekanntlich zuletzt mit 370 kW). In

summa zum Thema der neuen BR-Wellen: Der Verlust der guten „Fernwelle" 1 602 kHz – sie wurde eine der drei künftigen Internationalen Gemeinschaftswellen, offiziell „Low Power Channel – LPC" genannt – ist für den Rundfunk der Bundesrepublik ohne Zweifel der große, harte „Schlag" für uns in Genf...!

Da ist man in Köln besser dran...

Wie schon kurz angedeutet: Da ist man in Köln (WDR) besser dran. Zwar hat man auch in der Domstadt eine gute Fernwirkungs-Welle (1 586 kHz) verloren – dafür aber eine andere, auch hoch-frequente Welle, erhalten: 1 593 kHz. Sie wird das gemeinsame WDR/NDR-Signal (für 1. Programm genutzt) sicher bei Nacht weit tragen. Zunächst hatte man dem Kölner Sender in Genf diese Welle nur für Nacht-Nutzung zugesprochen und ihn für den Tag auf die alte WDR/NDR-Welle 972 kHz verwiesen. Das hätte bedeutet, daß Hörer dieses Programmes auf der Skala hätten „hin und her springen" müssen. Inzwischen hat man in Köln die Erlaubnis erhalten, ganztägig (Tag und Nacht) auf dieser neuen Welle 1 593 kHz zu arbeiten. Zwar wird diese neue Kölner MW auch von Sendern in der CSSR, Rumänien und Portugal (alle mit Rundstrahlung) benutzt, doch sind die Leistungen dieser Sender im Ausland gering (nur bis 30 kW), während Köln mit 800 kW senden darf.

Größter Nachteil dieser neuen WDR-Welle ist – und das hat mancher vorschnelle Beurteiler des neuen Planes übersehen – die Tatsache, daß diese Welle *zwischen* zwei „Low Power Channels" liegt...! Beide Nachbarwellen (1 602 kHz nach oben und 1 584 kHz nach unten in der Frequenz) sind Internationale Gemeinschaftswellen geworden. Auf ihnen arbeiten (je Welle) rund 1 000 kleine Sender. Wer einmal am Abend in eine solche Gemeinschaftswelle hineingehört hat, der weiß, daß dieses gräßliche Tohuwabohu an Lärm sich auch auf die Nachbarwellen „legt".

Zweite gute Tagwelle für Köln

Bei so viel Kummer mit der einen Kölner Mittelwelle ist es tröstlich, daß der WDR nach der Genfer Zuteilung eine *zweite* MW – wenn auch nur bei Tage – benutzen darf: Die Welle 720 kHz. Auf ihr darf tagsüber bis 18.00 Uhr MEZ mit 200 kW und Rundstrahlung gesendet werden. Versuche in diesem und im letzten Sommer (77 und 78) haben gezeigt, daß diese WDR-Welle tagsüber einen erstaunlich großen Radius der Hörbarkeit hat – von SW-Deutschland bis in den Raum Hamburg. Köln wird diese Welle (nach nötigen Umbauarbeiten in Langenberg) erst ab ca. Sommer 1980 regelmäßig und dann auf Dauer benutzen können. Übrigens für das 2. Programm des WDR, das dann auch auf MW weit zu hören sein wird.

Daß auch der Münchner Sender Radio Free Europe diese Welle (720 kHz) mitbenutzen darf, mit 150 kW und Richtstrahlung, dürfte nicht so ins Gewicht fallen, weil Köln ja ohnehin nur tagsüber auf dieser Welle senden darf.

Für die anderen ARD-Sender wenig Änderungen

Damit haben wir jetzt die beiden größten und wichtigsten (und zugleich härtesten!) Änderungen, die Genf für die Sender der Bundesrepublik brachte, betrachtet. Wenden wir uns nun den übrigen ARD-Anstalten zu – DLF, SDR, SWF, HR, SR, SFB, RB und RIAS. Für sie alle gilt: Die Änderungen der Frequenzen, der Leistungen, der Antennen-Bestimmungen etc. sind nicht so groß, nicht so einschneidend wie für die Anstalten in München und Köln.

Bremen ist schon „umgezogen"

Beginnen wir mit der kleinsten (aber keineswegs geringsten!) Anstalt – mit Radio Bremen. Sie hat den neuen Genfer Plan für sich sozusagen schon „vollzogen". Radio Bremen erhielt die neue Welle 936 kHz (bisher 1 079 kHz) und darf auf ihr mit 100 kW und Richtstrahlung senden. Der MW-Sender Bremerhaven verlor seine bisherige Welle (1 358 kHz) und muß nun mit dem Muttersender zusammen auf 936 kHz arbeiten. In einer selbst die Fachleute und Eingeweihten überraschenden „Blitz-Aktion" hat Radio Bremen schon im Herbst 1977 „umgeschaltet" und benutzt nun schon seine neue Welle 936 kHz, die (wegen der noch gültigen alten Zählung!) zur Zeit noch 935 kHz lautet.

Mit der neuen MW hat Radio Bremen „beste Erfahrungen im Fernempfang" gemacht, wie der Sender selbst berichtete. Der Verfasser möchte jedoch (ohne diese Freude trüben zu wollen!) vor zu viel Optimismus warnen. Warum? Noch ist ja der neue Plan nicht (von den anderen) vollzogen. So wird auf der unteren Nachbarwelle 927 kHz ab 23. November Brüssel mit 600 kW und Rundstrahlung arbeiten. Auf 936 selbst können Lemberg und Agadir auf 500 kW bzw. 600 kW gehen, wenn auch beide nur mit Richtstrahlung. Diese Änderungen der Mitbenutzer der Bremen-Welle (und die Änderungen auf den Nachbarwellen) muß man abwarten.

MW Mainflingen: Künftig beste Fernwelle

Betrachten wir nun das Abschneiden des Deutschlandfunks in Genf. Hier ist vorab Erfreuliches zu berichten: Seine Mittelwelle für den Sender Mainflingen wird ohne Zweifel künftig diejenige MW der Bundesrepublik mit der besten Fernwirkung sein. Auf 1 539 kHz kann Tag und Nacht mit 700 kW gesendet werden, dazu (ganztägig) mit Rundstrahlung. Weiteres Plus für den DLF: In Europa arbeiten auf dieser Welle nur noch der spanische Sender Valladolid (10 kW) und kleine Lokalsender in der UdSSR. Was bisher in der Fernwirkung bei Nacht für die westdeutschen Sender der BR-Sender München auf 1 602 kHz war, das wird künftig der MW-Sender Mainflingen des DLF sein.

Kleiner Kummer jedoch auch für diese Welle: Winnitsa in der Ukraine wird auf der Nachbarwelle 1 548 kHz mit 1 000 kW arbeiten; doch nur mit Richtstrahlung.

Auf der MW 756 kHz (bisher 755 kHz) wird der DLF mit dem Sender Braunschweig künftig tagsüber mit 800 kW und Rundstrahlung und nachts mit 200 kW und Richtstrahlung arbeiten. Auch DLF-Sender Ravensburg darf diese Welle mit 100 kW (tags Rund-, nachts Richtstrahlung) benutzen. Der große Kummer dieser DLF-Welle wird bleiben – wie bisher: Rumänien kann (Sender Lugoj) auf dieser Welle mit 1 000 kW arbeiten; wenn auch nur mit Richtstrahlung. Daß auf der unteren Nachbarwelle des DLF, also auf 747 kHz, ein MW-Sender (Flevoland) in Holland mit 500 kW und Rundstrahlung (beides ganztägig) arbeiten wird, kann den Wert der DLF-Welle auch nicht gerade erhöhen.

Später zwei zusätzliche Sender für DLF

Für die bisherige DLF-Welle 548 kHz (jetzt 549 kHz) wurden dem DLF zwei neue MW-Sender genehmigt – einer in Bayreuth von 200 kW und einer im südlichen Münsterland (Recklinghausen) von 100 kW. Sie sollen vor allem die Hörbarkeit des DLF im Rhein-Ruhr-Raum und in Ost-Bayern verbessern, denn der LW-Sender des DLF im Odenwald (von dem wir noch sprechen werden) muß auch weiterhin nach Südosten (Mitbenutzung durch Rumänien) ausgeblendet bleiben. Diese beiden zusätzlichen MW-Sender kann der DLF aber erst frühestens 1980 oder 1981 in Betrieb nehmen.

Langwelle DLF: Stärker, aber ausgeblendet

Der LW-Sender des DLF im Odenwald wird künftig – das ist von Bedeutung – nicht mehr sozusagen „neben einem Kanal" liegen. Er wird auf Genf-Kanal 1 der LW senden, auf 155 kHz. Er darf zwar seine Leistung tags auf 500 kW (jetzt 250 kW) erhöhen, muß aber bei Nacht auf 250 kW reduzieren. Seine Ausblendung nach Südosten *bleibt* leider, da auch der rumänische Sender Brasow (mit 1 200 kW und Rundstrahlung!) auf dieser Welle arbeitet sowie der norwegische Sender Tromsoe, der auch mit 1 200 kW und Rundstrahlung arbeitet. Mit anderen Worten: Solange der MW-Sender Bayreuth nicht in Betrieb geht, werden die Bundesbürger im Osten Bayerns den DLF – wie bisher – nicht empfangen können; auch nicht auf der Langwelle, denn dieser Sender „zeigt" ihnen seine abgeschattete Seite...!

Der DLF-Sender Neumünster (Schleswig-Holstein) schließlich kann weiter mit 600 kW auf 1269 kHz (bisher 1 268 kHz) senden. Wichtige Verbesserung: Während er bisher ganztägig mit Richtstrahlung arbeiten mußte, kann er künftig wenigstens von 5.00–19.00 Uhr mit Rundstrahlung arbeiten; dann bis 5.00 mit Richtstrahlung. Diese ist nötig, weil der (auch schon bisherige) Mitbenutzer dieser Welle, Novi Sad (Jugoslawien), auch auf dieser Welle bleibt. Weniger schön ist für den DLF: Novi Sad hatte bisher eine Leistung von 150 kW. In Zukunft aber eine von 750 kW. Auch er hat natürlich Richtstrahlauflagen (von 17.00–9.00 Uhr) erhalten. Bei einer so großen Verstärkung von Novi Sad kann man für den DLF nur hoffen, daß die Richtstrahl-Charakteristika auch (beiderseits) wirkungsvoll sein mögen.

Auch Frankfurt und Meissner ausgeblendet

Für den Hessischen Rundfunk wird sich durch den neuen Genfer Plan nicht viel ändern. Die alte Welle (593 kHz, künftig 594 kHz) wurde gehalten. Man darf mit 800 kW senden, die man aber nicht voll nutzen wird. Der Sender Meissner (gleiche Welle) darf mit 100 kW arbeiten. Für beide Sender sind nur Richtantennen erlaubt wie bisher: In Bulgarien arbeitet der Sender Pleven mit 250 kW auf der gleichen Welle, gegen den es auszublenden gilt. Auch ein Schweden-Sender ist auf dieser Welle geblieben – wie bisher. Erfreuliche Neuerung aber ist dies: Statt des Senders Sundsvall in Süd-Schweden (bisher auf der HR-Welle) wird künftig der Schweden-Sender Luleaa (400 km weiter nördlich) auf dieser Welle senden. Das läßt hoffen, daß die beiden Groß-Sender des HR künftig auch im Norden der deutschen Heimat ein wenig besser zu empfangen sein werden.

Zur Frankfurt-Welle sei noch dies gesagt: Daß auf der unteren Nachbarwelle 585 kHz Wien I künftig mit 1 200 kW *und* Rundstrahlung arbeiten darf, ist nicht eben beruhigend für den auf besseren Hessen-Empfang hoffenden deutschen Radiohörer. Bleibt zum HR noch zu erwähnen, daß er auf der Internationalen Gemeinschaftswelle 1 485 kHz zwei Lokalsender für Fulda und Marburg genehmigt bekam – von je 1 kW. Er wird diese aber bis auf weiteres noch nicht in Dienst stellen.

Stuttgart-Welle frei von Leipzig

Machen wir nun einen Sprung zu den ARD-Sendern SDR in Stuttgart und zum SWF in Baden-Baden. Der Sender Stuttgart-Mühlacker wird seine Welle behalten – auf 576 kHz (bisherige Zählung 575 kHz) wird er mit 300 kW senden können. Tags mit einer Rundstrahl-, nachts mit einer Richtstrahlantenne. Erfreulichste Veränderung beim SDR: Der bisher auf der gleichen Welle arbeitende DDR-Sender Leipzig räumt diese Welle. Stattdessen wird der weiter nördlich stehende Sender Schwerin auf dieser Welle arbeiten (mit 250 kW und einer Richtstrahlantenne). Dieser vergrößerte Senderabstand wird sicher beiden Anstalten „bekommen", so ist jedenfalls zu hoffen. Kummer gibt es aber auch hier: Auf der Mühlacker-Welle wird auch – mit 1 000 kW und Richtstrahlung – der bulgarische Sender Vidin arbeiten, ferner Riga mit 500 kW (Strahlungsart B) und Béchar in Algerien (auch mit Strahlungsart B) mit 400 kW.

Einen „Wellen-Umzug" müssen die kleinen Lokalsender des SDR ab Ende November hinnehmen. Bopfingen, Heidelberg, Heilbronn, Ulm-Jungingen und Wertheim werden (mit 0,2...5 kW) auf 711 kHz senden (alle mit Rundstrahlantenne). Haupt-Benutzer dieser Welle sind der französische Sender Rennes in der Bretagne (300 kW) und nur tagsüber Bologna mit 100 kW, sowie Tarfaya in Marokko mit 600 kW. – Die zweite Gruppe der SDR-Lokalsender – Bad Mergentheim, Buchen-Waldürn und Heidenheim (0,3...2 kW) wird künftig auf 1 413 kHz senden. Haupt-Benutzer dieser MW ist der jugoslawische Sender Pristina, der allerdings mit 1 000 kW und Rundstrahlung ganztägig hier arbeiten wird. Auch Spaniens Sender Huelva (100 kW, Rundstrahlung) und elf weitere Lokalsender in Spanien werden diese Welle benutzen dürfen. Für den Abendempfang also wenig Hoffnung auf „saubere" Signale...!

Auch für die Haupt-Mittelwelle des SDR (576 kHz) gilt, daß man auf der Nachbarwelle, zur oberen Frequenzseite (585 kHz), den 1 200 kW starken Sender Wien „zur Seite" haben wird, der – wie schon erwähnt – ganztägig mit Rundstrahlantenne arbeiten darf.

SWF-Rheinsender-Welle: Istanbul mit 1 200 kW

Der SWF kann seinen Rheinsender weiter auf der gewohnten MW betreiben – 1 017 (statt bisher 1 016 kHz). Er darf mit 600 kW und Rundstrahlung senden. Doch diese noch vor wenigen Jahren so vorzügliche „Fernwirkungs-Mittelwelle" wird auch weiterhin ihr großes Manko haben: Auf der gleichen Welle darf der türkische Sender Istanbul (von 3.00–24.00 Uhr MEZ) mit 1 200 kW und ebenfalls Rundstrahlung senden. Seit die Türkei diesen enorm starken Sender auf dieser Welle betreibt, ist es mit der europaweiten Hörbarkeit dieser einst so prächtigen Nachtwelle des SWF vorbei. Schade! – Der Bodenseesender des SWF ist da besser dran: Er hat, außer Wilna mit 500 kW, keinen so mächtigen Sender (wie Istanbul) auf seiner Welle. Mit 300 kW und tags Rundstrahlung, nachts mit Richtstrahlung, darf der Bodenseesender also seine angestammte Welle behalten. Lissabon und Trikala (Griechenland) sind weitere Wellen-Mitbenutzer. Und die Wellen-Nachbarn für den Bodenseesender? Auf 657 kHz kann tagsüber der DDR-Sender Neubrandenburg mit 2 000(!) kW senden, die er ab 19.00 Uhr jedoch auf 20 kW reduzieren muß. Da kann man für den SWF nur hoffen: Hoffentlich tut er es auch...!

Die Lokalsender-Welle des SWF – bisher 827 kHz, jetzt 828 kHz – wird die Sender Freiburg (40 kW) und Baden-Baden (1,5 kW) aufnehmen. Beide dürfen rundstrahlen. Wie bisher wird auch der NDR Hamburg diese Welle für Lokalsender benutzen. Am Abend allerdings wird es böse werden: Auf der Nachbarwelle 819 kHz kann Warschau ganztägig mit der enormen Leistung von 1 500 kW senden...!

An der Saar kann man sich freuen...

Bleiben wir noch ein wenig im Südwesten. Wie sieht das „Genf-Bild" für den Saarländischen Rundfunk (SR) aus? Nun, hier hat man allen Grund, zufrieden zu sein. Der SR kann für seine „Europawelle" mit 1 200 kW bei Tage und mit 600 kW bei Nacht (bisher nachts 400 kW) weiterhin auf

1 422 kHz (alte Zählung: 1 421 kHz) senden. Er wird jedoch ganztägig nur eine Richtstrahl-Antenne benutzen dürfen. Seine Wellen-Mitbenutzer sind Algier mit 40 kW, Ordu in der Türkei mit 50 kW, Valmiera in Lettland mit 50 kW und Vrata in Rumänien mit nur 2 kW. Diese aber alle mit Rundstrahlung. Immerhin: Die „Europawelle" und der DLF-Sender Mainflingen werden im neuen Plan die besten „Fernwirkungs-Nachtwellen" haben, da hier die Raumwelle den größeren Radius hat. Letzteres bedingt durch die hohen Frequenzen.

RIAS, SFB und NDR – wenig Änderungen

Noch einmal zurück in den deutschen Norden – zu RIAS, SFB und NDR. Der Hamburger Hauptsender wird mit 600 kW bei Tage mit Rundstrahlung und bei Nacht mit Richtstrahlung senden. Auf der Welle 972 kHz (alte Zählung: 971 kHz). Hannover kann auf der schon erwähnten Welle 828 kHz tags mit 100 kW und am Abend mit nur 5 kW (in beiden Fällen Rundstrahlung) arbeiten. Kiel wird die gleiche Welle mit nur 0,5 kW benutzen. Flensburg schließlich wird auf 702 kHz arbeiten – tags mit 5 kW und nachts mit 1,2 kW. Diese Welle 702 kHz wird auch von Aurich und Lingen (mit je 2 kW) benutzt werden. Nicht unbedingt glücklich in der Koordinierung der Hauptwelle des NDR (972 kHz) ist die Tatsache, daß auf der unteren Nachbarwelle 963 kHz Pori in Finnland mit Rundstrahlung und 600 kW arbeiten kann und auf der oberen Nachbarwelle 981 kHz der schwedische Sender Bohuslaen ebenfalls mit 600 kW und Rundstrahlung arbeiten darf. Das wird am Abend mit Sicherheit „Berührungen" geben.

SFB-Sender diesseits der DDR-Grenze?

Der SFB in West-Berlin kann seine MW 567 kHz mit 100 kW betreiben, kann jedoch – und das ist eine schöne Verbesserung! – künftig auch nachts ohne Abschattung (bisher mit Rücksicht auf den irischen Sender auf gleicher Welle) arbeiten. Also „rund um die Uhr" mit Rundstrahlantenne und 100 kW. Der kleinere SFB-Sender kann mit 5 kW und Rundstrahlung arbeiten, muß aber auf die neue Welle 1 449 kHz „umziehen". Noch wichtiger aber ist dies für den SFB: In Genf wurde für den Rundfunk der Bundesrepublik auch die MW 630 kHz zugeteilt. Es bestehen Pläne, diese Welle dem SFB mit einem Sender in Dannenberg (Elbe) zu überlassen. Der SFB könnte dann endlich auch im Westen der deutsch/deutschen Grenze besser gehört werden.

Die US-Sender RIAS und AFN

Der Sender RIAS Berlin wird im neuen Plan mit seinem Sender Hof (Saale) von 9.00–16.00 Uhr MEZ auf 684 kHz mit 100 kW und Rundstrahlung und von 16.00–9.00 Uhr mit 40 kW auf 990 kHz mit Richtstrahlung arbeiten. Die RIAS-Sender in Berlin arbeiten dann auf 855 kHz ganztägig mit Richtstrahlung und 100 kW und mit 300 kW und Rundstrahlung auf 990 kHz. Zur Welle 684 kHz ist anzumerken, daß diese Welle ganztägig und mit 2 000 kW (bei Rundstrahlung!) von Sender Belgrad I benutzt wird. Da aber der RIAS diese Welle nur bis 16.00 benutzt, dürften „Äther-Kollisionen" ausbleiben. Die bisher vom RIAS auch benutzte Welle 737 kHz (738 kHz neuer Zählung) steht diesem Sender künftig nicht mehr zur Verfügung.

AFN: Konzentration auf vier Wellen

Beim Netz der AFN-Sender in Deutschland ist wesentlich, daß man sich – bei bisheriger Benutzung von neun verschiedenen Mittelwellen! – künftig auf vier beschränken muß. Es sind die Wellen 873 kHz (für Hauptsender Frankfurt mit 150 kW und Richtstrahlung), 1 107 kHz (für Nürnberg, München, Berlin u. a. zwischen 10 und 40 kW und Rundstrahlung), ferner 1 143 kHz (für 17 kleine Sender bis 1 kW) und schließlich die Internationale Gemeinschaftswelle 1 485 kHz (für acht weitere AFN-Sender bis 1 kW Leistung).

Nur durch diese harte Konzentration auf vier statt bisher neun Wellen war es dem AFN möglich, seine Sender in Deutschland im neuen Plan unterzubringen. Da die Haupt-Mittelwelle des AFN (873 kHz) in Europa nur noch von Sendern im Süden der UdSSR (Kischinow, 500 kW), in Spanien, Ungarn (Lakihegy, 20 kW) und in Ägypten benutzt wird, können die AFN-Fans sich (auch) auf der Mittelwelle weiter einen guten Frankfurt-Empfang erhoffen.

Auch Sender der „Voice of America" legalisiert

Für Interessenten des Auslands-Rundfunks ist – im Zusammenhang mit diesen US-Sendern in Deutschland – von Interesse, daß auch die „Voice of America" (Stimme Amerikas) ihre beiden Groß-Sender auf MW und LW im neuen Genfer Plan sozusagen „legalisieren" konnte. Was im alten Kopenhagen-Plan nicht der Fall war – wenn es auch stillschweigend geduldet wurde. Der MW-Relaissender München der „VoA" wird mit 300 kW und Richtstrahlung auf 1 197 kHz (alte Zählung 1 196 kHz) senden. Er kann diese Welle ganztägig – wenn auch mit verschiedenen Richt-Charakteristika – benutzen. Noch erfreulicher ist das Genf-Ergebnis für den LW-Sender der „Voice of America". Dieser bisher sozusagen „ganz und gar illegale" Sender (auf einer Moskauer Langwelle betrieben, nämlich 173 kHz) kann nun höchst legal künftig eine ihm offiziell zugeteilte Langwelle benutzen. Die „VoA" hat in Genf die Langwelle 209 kHz erhalten, auf der sie von 5.00–19.00 Uhr MEZ mit 500 kW und Rundstrahlung arbeiten kann und von 19.00–5.00 Uhr mit 250 kW und Richtstrahlung. Diese Langwelle wird von weiteren Sendern in der UdSSR (Kiew, 500 kW und Rundstrahlung) sowie von Sendern in Island, Marokko und Italien mitbenutzt worden.

Die DDR-Sender im neuen Genfer Plan

Zum Schluß dieses ersten Beitrages über „Genf 1975" ein Blick auf das Abschneiden der DDR-Sender bei dieser großen „Verteilung". Sie hat dort eine Langwelle und 15 Mittelwellen erhalten. Für den Tag-Betrieb konnte sie 8 000 kW Sendeleistung koordinieren; für die Nacht 4 900 kW. Die DDR zögerte denn auch nicht, dies in offiziellen Verlautbarungen eine „wirklich echte Verbesserung" zu nennen. Was schon für die Sender in Westdeutschland zutrifft, gilt in noch stärkerem Maße für die Sender der DDR: Bei Tage konnte sie eine ganz erhebliche Verbesserung ihrer Versorgung (und auch großer Teile der Bundesrepublik!) erzielen. (Für die Nacht gibt ohnehin kaum ein Fachmann diesem neuen Plan eine große Funktions-Chance!)

Literatur

Genfer LW- und MW-Konferenz legte neuen Wellenplan vor. FUNKSCHAU 1976, Heft 2, S. 51.
Rückblick auf die Genfer MW/LW-Rundfunkkonferenz 1975. FUNKSCHAU 1976, Heft 4, S. 139.

Dipl.-Ing. Rolf Roesler

Obwohl sich hinter PETRA ein nüchternes technisches, gleichwohl gigantisches Projekt verbirgt, nämlich die Positronen-Elektronen-Tandem-Ringbeschleuniger-Anlage von DESY in Hamburg, so läßt doch der geschickt gewählte Mädchenname den Reiz und die Anziehungskraft ahnen, den das Projekt auf die beteiligten Menschen, Arbeitsgruppen und Unternehmen ausübt. Denn wegen der ungeheuren Dimensionen bedeutet PETRA nicht nur eine Herausforderung an die Physiker und Ingenieure von DESY, das eigentliche Ziel des Projektes, die weitere Erforschung der Welt der Elementarteilchen zu ermöglichen, sondern auch eine Herausforderung an die Industrie, spezielle Geräte und Einrichtungen von bisher unbekannten Dimensionen zu entwikkeln und zu liefern.

Die Herausforderung PETRA

Die Grundbausteine der Materie

In den vergangenen Jahrzehnten hat die Elementarteilchenphysik dafür gesorgt, daß neben den drei Grundbausteinen der Atome – Protonen, Neutronen und Elektronen – gut dreihundert weitere Elementarteilchen bekanntwurden, deren Vielzahl auf den ersten Blick verwirrender ist als im letzten Jahrhundert die der chemischen Elemente. In der Chemie führte die Anordnung im periodischen System zu einer guten Übersicht. Die Hypothese vom Aufbau aller Elemente aus den drei Bausteinen Proton, Neutron und Elektron erlaubte es im Prinzip, alle Eigenschaften der Elemente zu berechnen. Als später diese drei Bausteine isoliert nachgewiesen werden konnten, war der Aufbau des Atoms theoretisch „verstanden".

Ein Ordnungsschema für Elementarteilchen

In der Physik der Elementarteilchen gibt es seit den frühen sechziger Jahren einen Ansatz, der die Vielzahl der Teilchen – mit Ausnahme der Leptonen (das Elektron und seine Artgenossen, das Muon und die Neutrinos) – in Gruppen zusammenfaßt, in denen sich benachbarte „Elemente" jeweils nur durch eine Eigenschaft unterscheiden. Wie in der Chemie die Lückenelemente, so gab es in diesem System zunächst auch leere Plätze, die nur besetzt werden konnten, wenn es gelänge, Teilchen mit genau vorhersagbaren Eigenschaften zu finden. Inzwischen sind diese Plätze belegt und haben die Theorie vielfach bestätigt.

Der Erfolg dieses theoretischen Ansatzes wäre vollkommen, wenn er nicht zur Besetzung seiner einfachsten Gruppe drei Teilchen erfordern würde, die bis heute jeder Nachweismethode der Physiker widerstanden haben. Es sind dies die sogenannten Quarks, aus denen die Theorie alle anderen Teilchen zusammensetzt. Dabei müßten diese Quarks leicht zu identifizieren sein, denn ihre elektrische Ladung ist nicht ganzzahlig wie die des negativen Elektrons, die des positiven Protons und die aller anderen bekannten Elementarteilchen, sondern beträgt nur ein oder zwei Drittel davon. In einem magnetischen Feld würden sich diese Quarks sofort verraten, da sie anders abgelenkt werden als alle bisher gefundenen Teilchen.

Quarks – konkrete Teilchen oder unsichtbare Bausteine?

Einen Trost hat die Theorie aber auch für den Fall zur Hand, daß diese Quarks nie gefunden werden: Vielleicht ist es prinzipiell unmöglich, daß Quarks einzeln auftreten. Jedes Ding, das isoliert auftritt, kann als seinerseits zusammengesetzt gedacht und eines Tages auf seine Struktur hin abgetastet werden. Wenn die Quarks nun nur zu zweit oder zu dritt in Form der bekannten Elementarteilchen auftreten, ist damit vielleicht die Frage endgültig beantwortet, ob die Suche nach den kleinsten Bausteinen der Materie immer weitergehen wird, die bisher schon von den Molekülen über die Atome zu den Elementarteilchen führte. Die Physik, die als Teilgebiet der Philosophie begann und sich durch ihre experimentellen Möglichkeiten für lange Zeit selbständig gemacht hatte, müßte sich an dieser Grenze wieder als Teil der Philosophie verstehen.

Charm – eine neue Eigenschaft

Die Theorie, daß alle Elementarteilchen aus Quarks zusammengesetzt werden können, wurde Ende 1974 schwer erschüttert, als zwei Teilchen gefunden wurden, die nicht in dieses Schema paßten, das J/ψ und das ψ'. Zwei Jahre lang konzentrierte sich das Interesse der Elementarteilchenphysiker auf die Untersuchung dieser Teilchen und förderte weitere derartige Teilchen zutage, bis 1976 endgültig feststand und mit einem Nobelpreis honoriert wurde: Zur Erklärung der Elementarteilchen wird neben den drei bis dahin bekannten Quarks mindestens ein viertes benötigt, das die Eigenschaft „Charm" trägt.

Charm hatten die Theoretiker diese Eigenschaft genannt, da mit ihr die Quarks und die Vielzahl der Elementarteilchen Symmetrien aufweisen zu den Leptonen, die immer paarweise auftreten: das Elektron mit einem Neutrino und das Muon mit dem Semion. Deutet diese Symmetrie darauf hin, daß zwischen der starken Kraft, die die Menge der Elementarteilchen beherrscht, und der schwachen Kraft, die sich vornehmlich bei den Leptonen zeigt, Gemeinsamkeiten bestehen? Sind diese Kräfte eventuell sogar verschiedene Erscheinungsformen ein und derselben Kraft – so wie Maxwell in seinen Gleichungen zeigte, daß Elektrizität und Magnetismus zusammengehören? Mit den Experimenten an PETRA wird sich diese Frage in einem neuen Licht stellen.

Beantwortet wird mit PETRA vielleicht auch eine andere Frage von gleicher Bedeutung: Zwischen der schwa-

Dipl.-Ing. Rolf Roesler (42). Drei Jahre in der Entwicklung von Mikrowellenröhrchen bei AEG-Telefunken in Ulm tätig, anschließend im Bauelemente-Vertrieb bei verschiedenen Unternehmen. Seit 1970 im Vertrieb Spezialröhrchen von Valvo in München und Hamburg.

chen Kraft und der elektromagnetischen gibt es Gemeinsamkeiten, die eine Vereinigung nahelegen. Bei den Energien, die PETRA erreicht, wird die schwache Kraft an Einfluß gewinnen. Dann muß sich schon in Experimenten der ersten Stunde zeigen, ob zwischen der elektromagnetischen und der schwachen Kraft Interferenzen auftreten. Solche Interferenzen wären ein untrügliches Zeichen für den gemeinsamen Ursprung beider Kräfte.

Neben der Gravitation, die sich noch immer erfolgreich allen Erklärungsversuchen entzieht, könnte es schon in naher Zukunft statt der erwähnten drei nur noch zwei oder gar nur noch eine Kraft geben, die das Geschehen in der Natur beeinflußt.

Beschleuniger – Mikroskope für das Kleinste

Die Erforschung der Elementarteilchen wäre undenkbar ohne die Entwicklung verschiedener Generationen von Beschleunigern in den letzten dreißig Jahren. Obwohl im Grunde schon in jeder Elektronenröhre die Elektronen von der Katode zur Anode hin beschleunigt werden, spricht man von einem Beschleuniger erst dann, wenn eine beschleunigende Spannung wiederholt auf die Teilchen einwirkt. Die Entwicklung führte vom Zyklotron über das Betatron zum Cavity, in dessen Hohlräumen eine stehende Welle für die Beschleunigung der Teilchen sorgt.

Viele hintereinander angeordnete Cavities ergeben einen Linearbeschleuniger, der besonders für die Erstbeschleunigung der Teilchen unentbehrlich ist. Um jedes Cavity mehrfach einsetzen zu können, werden in Synchrotrons zwischen die Cavities starke Magnete gestellt, die die Teilchen auf eine Kreisbahn zwingen und sie den gleichen Cavities immer wieder zuführen. Aus der Notwendigkeit, die Feldstärken synchron mit der Teilchenenergie hochzufahren, erhielten diese Kreisbeschleuniger ihren Namen Synchrotron. Nach einer Phase der Beschleunigung oder besser der Energiezufuhr werden die Teilchen aus dem Synchrotron ejiziert und auf ruhende andere Teilchen geschossen. Ein großer Sprung in der physikalisch interessanten Energieansammlung beim Zusammenstoß von Teilchen wurde durch den Bau von Speicherringen erreicht, in denen zwei energiereiche Teilchen frontal aufeinandertreffen. Die erwähnten Erkenntnisse der letzten drei Jahre sind zum größten Teil an solchen Speicherringen wie DORIS in Hamburg und SPEAR in Kalifornien gewonnen worden.

Bei der Planung der Speicherringe glaubte mancher Physiker, daß mit dieser Beschleunigergeneration nur noch eine Physik „im stillen Lande Asymptotia" gemacht werden könne, da bei den erreichbaren hohen Energien keine neuen Phänomene auftreten sollten. Die Entwicklung der letzten Jahre hat diese Annahme aber gründlich widerlegt und dafür gesorgt, daß die Physik wohl seit den zwanziger Jahren nicht mehr so aufregend war wie heute.

Eine neue Generation von Beschleunigern kann hier zu einer Abrundung des Verständnisses führen. Höhere Energien können den Teilchen mit vertretbaren Kosten aber nur vermittelt werden, wenn bessere Cavities von leistungsfähigeren Klystrons versorgt werden. Die Geräte der Elementarteilchenphysik sind teure Forschungsinstrumente und sicher nur dann zu rechtfertigen, wenn sie mit Hilfe der neuesten Technologien so ökonomisch wie irgend möglich eingesetzt werden.

Wegen des großen Umfanges von PETRA von 2,3 km (*Bild* 1) strahlen die umlaufenden Teilchen auf ihrem Rundflug viel Energie ab, Synchrotronstrahlung genannt, die ständig ersetzt werden muß. Dazu sollen die Teilchen in PETRA von 7 GeV auf eine Energie von 19 GeV beschleunigt werden. Beide Aufgaben übernehmen 64 Cavities, die im Norden und im Süden des Ringes mit ihren Feldern auf die Teilchen einwirken. Die dafür nötige Hochfrequenzleistung wird von Klystrons bereitgestellt, die Valvo in enger Zusammenarbeit mit DESY entwickelt und baut.

Der Hf-Energiebedarf

Seit den 60er Jahren haben sich Leistungsklystrons weltweit als Hochleistungsgeneratoren bewährt. Die Nachrichtentechnik sorgte für rasche, umfassende Ausbreitung von Fernsehsendernetzen mit Leistungssendern im UHF-Gebiet von 470 bis 790 MHz bei Leistungen von 10 bis über 55 kW. Groß-Radaranlagen verlangten nach hochstabilen und deshalb fremdgesteuerten Leistungsverstärkerröhren im GHz-Bereich mit Pulsleistungen von vielen MW. Schließlich sind in vielen Teilchen-Beschleunigeranlagen bereits seit Jahren Hochleistungsklystrons zur Erzeugung der Hf-Leistung für die Beschleunigungsabschnitte im Einsatz.

Leistungsmäßig kann die für den Beschleunigerring PETRA bei DESY geforderte Leistung von 4 MW auch nur von Klystrons geliefert werden. Es lag daher nahe, ein Konzept zu entwickeln, wonach diese Leistung von mehreren Groß-Klystrons erbracht wird. Die Entscheidung fiel auf eine Aufteilung der Leistung auf acht Röhren, wobei eine Stufe immerhin noch 500...600 kW bei 500 MHz erzeugen muß. Die zugehörige Netzanschluß-Leistung liegt bei 1000 kVA pro Stufe.

Wirkungsprinzip des Klystrons

Die zunehmende Bedeutung des Leistungsklystrons liegt in der elektronischen Wirkungsweise und im prinzipiellen Aufbau dieser Laufzeitröhre, bei der sich die Betriebsbedingungen und die Eigenschaften leicht für alle An-

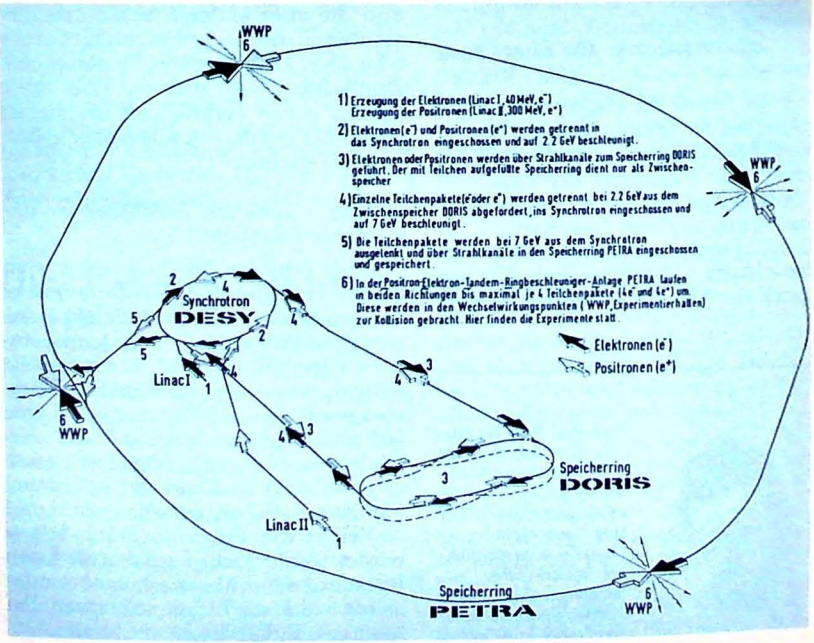


Bild 1. Der Speicherring PETRA hat einen Umfang von 2,3 km

wendungsgebiete optimieren lassen. Klystrons sind – im Gegensatz zu den gittergesteuerten Senderöhren – Verstärkerröhren mit funktionell getrennten Bauabschnitten, die man weitgehend getrennt modifizieren und anpassen kann, ohne die übrigen Bauabschnitte zu beeinflussen. So sind die Elektronenstrahlerzeugung, der Hochfrequenzwechselwirkungsraum und der Kollektor als Elektronenauffänger hintereinander angeordnet und werden getrennt für sich dimensioniert und konstruiert.

Bei Trioden oder Tetroden bilden diese drei Baugruppen elektrisch, konstruktiv und technologisch eine Einheit. Mit zunehmender Frequenz werden die Elektrodenabmessungen und -abstände aber immer kleiner, so daß bei höheren Leistungen durch die erforderlichen Strom- und Energiedichten Begrenzungen hinsichtlich der Betriebszuverlässigkeit und der Lebensdauerwerte eintreten.

In einer Laufzeitröhre wie dem Klystron dagegen bewegen sich die Elektronen über mehrere Hf-Perioden hinweg durch einen Laufraum und durch die Hf-Wechselwirkungsräume, Resonatoren genannt, so daß die Abmessungen der einzelnen Elektroden und Resonatorgruppen im Vergleich zu gittergesteuerten Röhren relativ groß sind. Daher können sie mechanisch und elektrisch stabil und leistungsstark aufgebaut werden. Wie schon erwähnt, besteht eine Laufzeitröhre im wesentlichen aus der Elektronenstrahlerzeugung (Elektronenkanone), dem Wechselwirkungsraum zwischen Elektronen und Hochfrequenz und dem Kollektor zum Auffangen des Elektronenstrahls (*Bild 2*). Die Elektronenkanone erzeugt einen Elektronenstrahl vorbestimmter Dichte, der mit Hife elektrischer und magnetischer Felder verdichtet und beschleunigt wird und in den Wechselwirkungsabschnitt der Röhre eintritt. Beim Durchlaufen dieser Strecke mit konstanter Geschwindigkeit passiert der Strahl mehrere Resonatorräume, an deren Spalten eine Wechselwirkung zwischen den im Resonator aufgebauten Hf-Feldern und dem Elektronenstrahl stattfindet. Das elektrische Feld im Resonatorspalt wirkt – je nach Phasenlage – auf die Elektronen beschleunigend oder verzögernd (Geschwindigkeitsmodulation), wodurch in den feldfreien Trifträumen zwischen je zwei Resonatoren eine entsprechende Strommodulation des Strahls erfolgt. Im nachfolgenden Resonator wird infolge der stärkeren dichtemodulierten Elektronenströmung die Wechselwirkung verstärkt, so daß die Modulation insgesamt von Resonator zu Resonator verstärkt wird. Über den letzten Resonator, den Ausgangsresonator, koppelt man schließlich die Hf-Energie an der Stelle maximaler Strommodulation aus (Hf-Fenster) und führt sie dem Verbraucher zu.

Die Verstärkung der Hf-Energie beträgt bei einem Klystron mit vier Resonatorräumen etwa 40 dB. So läßt sich bei einer dem ersten Resonator zugeführten Energie von etwa 50 W ohne weiteres dem Ausgangsresonator eine Leistung von 500 kW entnehmen. Da der Elektronenstrahl während des Durchlaufens der Trift- und der Resonatorräume infolge der Elektronenraumladung das Bestreben hat, auseinanderzuspreizen, wird er mit Hilfe eines von außen an die Röhre angelegten Magnetfeldes konzentriert, fokussiert und auf etwa konstantem Durchmesser gehalten.

Nach Auskopplung der Hf-Energie im Ausgangsresonator tritt der Elektronenstrahl in den Kollektor ein und wird dort aufgefangen. Die dem Strahl anhaftende kinetische Restenergie wird hier in Wärme umgesetzt und muß durch Kühlung abgeführt werden. Bei einer Leistungsaufnahme von rund 1000 kW und einer Umsetzung von 600 kW in Hf-Energie verbleibt in jedem Fall eine Verlustenergie von 400 kW. Die Wärmekapazität des Kollektors müß so ausgelegt sein, daß er in der Lage ist, auch bei unmoduliertem Strahl die volle Strahlenergie aufzunehmen.

Anforderungen an die Klystrons für PETRA

Aus den Anwendungen für UHF-Fernsehsender sind die guten Eigen-

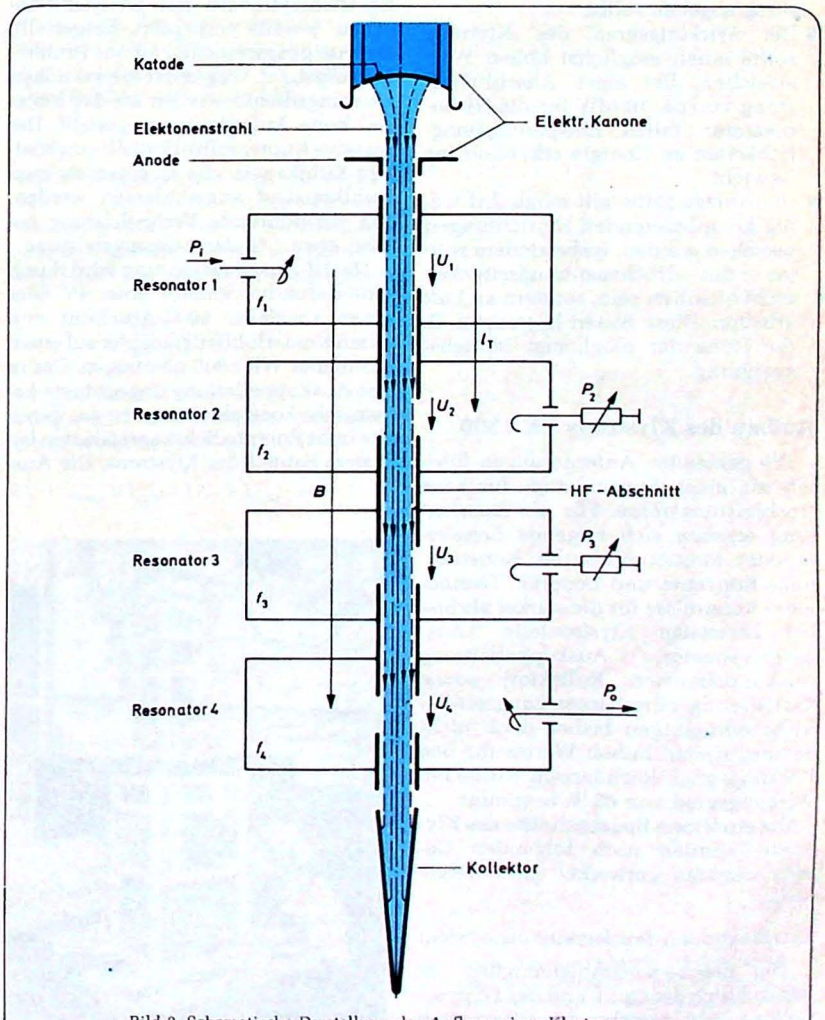


Bild 2. Schematische Darstellung des Aufbaus eines Klystrons

schaften der Klystrons hinlänglich bekannt. Neben den schon genannten günstigen konstruktiven und technologischen Möglichkeiten infolge der getrennten Baugruppen sind auch die typischen günstigen Betriebsvorteile sehr erwünscht, z. B. lange Lebensdauer, hohe Betriebsstabilität und -zuverlässigkeit, hohe Verstärkung (damit weniger Vorstufen) und gute Übertragungseigenschaften.

Für die Konzeption des Klystrons YK 1300 zur Erzeugung der Hf-Leistung für den Beschleunigerring PETRA waren aber noch weitere Anforderungen bestimmend:

- Die Anzahl der Einzelgeneratoren sollte möglichst klein sein, da aus anlagetechnischen Gründen die Kopplungs- und Verbundmaßnahmen einen minimalen Umfang einnehmen sollten. Das bedeutete, daß jede Klystronstufe eine möglichst große Leistung abgeben sollte.
- Der Wirkungsgrad des Klytrons sollte einen möglichst hohen Wert erreichen. Bei einer Anschlußleistung von ca. 10 MW für die Hf-Generatoren fallen Einsparungsmöglichkeiten an Energie erheblich ins Gewicht.
- Die Anlage sollte mit möglichst wenig komplizierenden Einrichtungen versehen werden. Insbesondere sollten die Hochspannungsstrecken nicht ölisoliert sein, sondern an Luft arbeiten. Diese Bauart begrenzt z. B. die Höhe der möglichen Betriebsspannung.

Aufbau des Klystrons YK 1300

Die genannten Anforderungen führten zu einer Spezifikation für eine Hochleistungsröhre. Für die Entwicklung ergaben sich folgende Schwerpunkte: Einsatz optimaler Konstruktions-Konzepte und neuester Technologie-Kenntnisse für die stärker als bisher belasteten Klystronteile, (Ausgangsresonator, Auskoppelleitung, Auskoppelfenster, Kollektor) sowie Realisierung eines unter Langzeit-Betriebsbedingungen bisher noch nicht demonstrierten hohen Wertes für den Wirkungsgrad. Rechnerisch wurde ein Wirkungsgrad von 68 % bestimmt.

Die einzelnen Bauabschnitte des Klystrons wurden nach folgenden Gesichtspunkten entwickelt und hergestellt:

Das Elektronenstrahlerzeugungssystem

Die Elektronenstrahlerzeugung ist hinsichtlich der Optik und der Feldverteilung von bestehenden Konzepten abgeleitet und zeigt ein unkritisches Fokussierverhalten aufgrund der relativ niedrigen Strahlkompression. Die Katode ist in bewährter Wolfram-Sintertechnik als Vorratskatode ausgeführt. Ihre Belastung wurde mit Rücksicht auf erhöhte Betriebszuverlässigkeit ziemlich niedrig (0,5 A/cm^2) angesetzt.

Eine isoliert herausgeführte Modulationsanode erlaubt eine Veränderung und Anpassung der Strahlperveanz an bestimmte Betriebseinstellungen und eine Sperrung bzw. Modulation des Strahls. Die beiden dadurch erforderlichen äußeren isolierenden Keramikstrecken sind für den Betrieb an Luft ausgelegt.

Der Hochfrequenzabschnitt

Der Hochfrequenzabschnitt enthält vier Grundwellenresonatoren, die jeweils durch feldfreie Laufräume getrennt sind. Die Resonatoren werden aus selbsttragenden längsgeschweißten Edelstahlzylindern mit Edelstahlflanschen, jeweils verkupfert, hergestellt. Der Ausgangsresonator ist aus Drehteilen aufgebaut. Wegen der extrem hohen Leistungsdichte werden an das Material hohe Anforderungen gestellt. Der massive Kupferaufbau enthält eingebettete Kühlkanäle, die an einen eigenen Kühlkreislauf angeschlossen werden. Die abzuführende Verlustleistung beträgt etwa 1 % der Ausgangsleistung.

Die Hf-Ausgangsleistung wird durch eine induktive Schleife unter 45° über einen koaxialen 50-Ω-Abschnitt und einen Koax-Hohlleiteradapter auf einen Hohlleiter WR 1800 übertragen. Das in der Auskoppelleitung angeordnete keramische koaxiale Fenster ist das durch die hohe Energiedichte am stärksten belastete Bauteil des Klystrons. Die Auskoppelteile erfordern ebenfalls intensive Wasserkühlung. Falls infolge der hohen Feldstärken mögliche Multipactor-Schwingungen von Streu- und Sekundärelektronen auftreten, können besondere technologische Maßnahmen in der Ausgangsleitung erforderlich werden, um zu verhindern, daß die Leitungsteile von diesen Elektronen bombardiert und thermisch überlastet werden. Besonderes Augenmerk ist hierbei auf die Keramikfenstereinheit zu lenken.

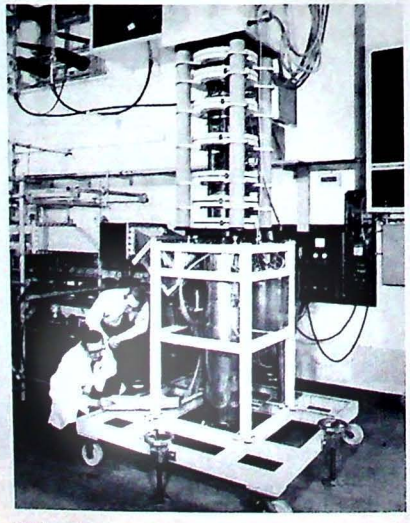


Bild 3. Das Klystron YK 1300 im Betriebsgestell

Der Kollektor

Mit Rücksicht auf die vorgesehenen Betriebszustände ist der Kollektor für eine Dauerbelastung von 850 kW ausgelegt. Durch eine ausgeklügelte Strukturierung erreichte man eine große Oberfläche, die vom Kühlmedium intensiv umspült wird. Trotz aller hochwirksamen wärmeableitenden Maßnahmen nimmt das Gewicht des Kollektors mit rund 250 kg immer noch mehr als die Hälfte des gesamten Röhrengewichts ein. Nach dem heutigen Stand kann unter dem Aspekt höchster Zuverlässigkeit ein derartiger Kollektor nur aus einem massiven, schmiedeverformten Kupferblock bestehen, der in den belasteten Zonen keinerlei Nähte aufweist.

Betriebs- und Fokussiergestell

Klystron und Betriebsgestell bilden eine untrennbare Funktionseinheit (*Bild 3*). Das Gestell trägt und hält die Röhre in einer genau definierten vertikalen Lage und enthält viele Verbindungselemente zur Versorgung der Röhre, vor allem Zu- und Abführungen für Luft und Wasser, elektrische Anschlüsse für Magnetspulen, Anschlüsse für Überwachungseinrichtungen usw. Das Gestell trägt ferner die gesamte Fokussiereinheit, die den Elektronenstrahl auf einem bestimmten Durchmesser hält. Insgesamt fünf Magnetspulen erzeugen längs der Röhre das magnetische Gleichfeld. Oben wird das Gestell abgeschlossen durch eine Kanonenbox, einen Abschirmkasten mit den Luftführungen zur Kühlung der Elektronenkanone und mit den Anschlüssen für Heizung, Modulationsanode und Hochspannung.

Die technischen Daten des Klystrons YK 1300 sind in der *Tabelle* zusammengestellt.

Ergebnisse und Ausblick

Von der Planung über die Beschaffung der Betriebsmittel, vom Beginn der Entwicklung bis zum Test der ersten fertiggestellten Röhre sind nur 15 Monate vergangen. Der Zeitplan wurde exakt eingehalten und das technische

Ziel erreicht und übertroffen. Valvo hat vor kurzem die erste voll funktionsfähige und die Spezifikation zu 100 % erfüllende Röhre auf dem Teststand gehabt und vorgeführt. Zur größten Zufriedenheit wurden damit die Zielsetzungen hinsichtlich Ausgangsleistung, Wirkungsgrad, Leistungsverstärkung und verschiedener anderer wichtiger Betriebsparameter erreicht. Gleichzeitig wurden neue Technologien erarbeitet, und zwar sowohl zur Erzielung höchster Wirkungsgrade und damit maximaler Energieersparnis als auch zur Erzeugung von für Röhren bisher nicht erreichbarer Hf-Leistungsbereiche und zur Realisierung höchstbelastbarer Auskoppelmechanismen, wie Resonatoren, Koax-Leitungen und Keramikfenster.

Der Stand des Projektes scheint zuzusichern, daß im Herbst 1978 die ersten Elektronen und Positronen in dem neuen Speicherring PETRA kreisen und daß Mitte 1979 die ersten Veröffentlichungen beschreiben werden, was passiert, wenn Elektronen und Positronen mit einer Energie von je 19 GeV aufeinandertreffen.

Technische Daten des Klystrons YK 1300

Mechanische Daten

Länge der Röhre:	3,5 m
Höhe einschl. Betriebsgestell:	4,0 m
Gewicht der Röhre:	400 kg
Gewicht einschl. Betriebsgestell:	1200 kg
Kollektorlänge: ca.	1,4 m
Strahldurchmesser:	33 mm

Elektrische Daten
(für 500-kW-Betrieb)

Betriebsfrequenz:	500 MHz
Sättigungs-Bandbreite (–1 dB):	2 MHz
Hf-Ausgangsleistung:	500 kW
Hf-Eingangsleistung:	25 W
aufgenommene Gleichstromleistung: ca.	835 kW
Leistungsverstärkung:	43 dB
Wirkungsgrad min	60 %
Strahlspannung:	58 kV
Strahlstrom:	14,4 A
Heizspannung:	25 V
Heizstrom:	25 A

Weitere Daten

Kollektor-Dauerverlustleistung:	850 kW
Kühlwasserbedarf des Kollektors:	900 l/min
Kühlluftbedarf des Auskoppelfensters:	2,5m³/min
Fokussierstrom	9 A
Fokussierspannung:	130 V

Netzteil-Dimensionierung mit einem programmierbaren Taschenrechner

Über die Dimensionierung des Ladekondensators bei Netzgeräten existieren oft die verworrensten Vorstellungen, was schließlich auch in Bauelementewerten resultiert, die eher aus der Luft gegriffen als ausgerechnet oder ausprobiert sind. Das hier beschriebene Programm für den Taschenrechner TI-59 soll etwas mehr Licht in dieses häufig vorkommende Problem bringen; wer keinen TI-59 besitzt, wird zumindest mit den angegebenen Formeln seine Netzteil-Berechnungen ausführen können.

Die notwendige Größe des Ladekondensators ergibt sich aus der Beziehung

$$C = \frac{I_{max} \cdot \arccos(-K)}{U_{max} \cdot \omega \cdot (1-K)}$$

wobei sich die Spitzenspannung U_{max} aus der Trafo-Effektivspannung unter Berücksichtigung von 1,4 V Verlust am Gleichrichter errechnen läßt:

$$U_{max} = \sqrt{2} \cdot U_{eff} - 1{,}4\ V$$

Der Welligkeitsfaktor K ist das Verhältnis U_{min}/U_{max}; ω ist die Kreisfrequenz und gleich $2\pi : f$ mit f = Netzfrequenz.

Durch einfaches Umstellen kann man den Strom I bei gegebenen C berechnen:

$$I_{max} = \frac{C \cdot U_{max} \cdot \omega \cdot (1-K)}{\arccos(-K)}$$

Die (am Längstransistor oder Festspannungsregler auftretende) Verlustleistung errechnet sich zu

$$P_v = I_{max}\left(U_{min} - U_A + U_{eff} \cdot \frac{1-K}{1{,}4}\right)$$

Das Zustandekommen dieser Formeln läßt sich übrigens in FUNKSCHAU 1976, Heft 21, S. 917 nachlesen.

Das im *Bild* als Drucker-Auflistung gezeigte Programm für den TI-59 verwendet die oben genannten Formeln; sollen sie in andere Rechner eingegeben werden, so ist lediglich darauf zu achten, daß die Berechnung im Bogenmaß-Modus (rad) stattfindet.

Eingabe der Werte

U_{eff} wird mit der Programm-Marken-Taste A, U_{min} mit B, I_{max} mit C und C mit Taste D eingegeben. Wenn man für I_{max} nur Null eingibt, läßt sich mit der Programmarken-Taste E der maximal entnehmbare Strom I_{max} errechnen; wird dagegen für C Null eingegeben, so wird mit Taste E stattdessen C berechnet. Gibt man schließlich mit der Programmarke A' die Ausgangsspannung U_A ein, so wird mit den zuvor eingetippten bzw. berechneten Daten die Verlustleistung P_v ermittelt.

In der Praxis wird man natürlich nicht genau den ermittelten Wert für C einsetzen, sondern den nächsthöheren Wert verwenden, um bei Bauelemente-Toleranzen auf der „sicheren Seite" zu liegen.

Norbert Conrad

```
000  76 LBL      050  89  π
001  11  A       051  52 EE
002  42 STO      052  02  2
003  01  01      053  55  ÷
004  92 RTN      054  01  1
005  76 LBL      055  44 SUM
006  12  B       056  06  06
007  42 STO      057  43 RCL
008  02  02      058  06  06
009  92 RTN      059  65  ×
010  76 LBL      060  43 RCL
011  13  C       061  03  03
012  42 STO      062  29 CP
013  03  03      063  67  EQ
014  92 RTN      064  25 CLR
015  76 LBL      065  95  =
016  14  D       066  14  D
017  42 STO      067  92 RTN
018  04  04      068  76 LBL
019  92 RTN      069  25 CLR
020  76 LBL      070  43 RCL
021  15  E       071  04  04
022  57 ENG      072  35 1/X
023  70 RAD      073  95  =
024  43 RCL      074  35 1/X
025  02  02      075  13  C
026  55  ÷       076  76 LBL
027  53  (       077  76 LBL
028  43 RCL      078  16 A'
029  01  01      079  94 +/-
030  65  ×       080  85  +
031  02  2       081  43 RCL
032  34 fX       082  02  02
033  75  -       083  85  +
034  01  1       084  43 RCL
035  93  .       085  01  01
036  04  4       086  65  ×
037  54  )       087  43 RCL
038  42 STO      088  06  06
039  05  05      089  55  ÷
040  95  =       090  01  1
041  94 +/-      091  93  .
042  42 STO      092  04  4
043  06  06      093  95  =
044  22 INV      094  65  ×
045  39 COS      095  43 RCL
046  55  ÷       096  03  03
047  43 RCL      097  95  =
048  05  05      098  42 STO
049  55  ÷       099  07  07
                 100  92 RTN
```

Dieses Programm gestattet die Dimensionierung des Ladekondensators in Netzteilen und erlaubt auch die Berechnung des maximal entnehmbaren Stromes sowie der auftretenden Verlustleistung

Zu unserem Leitartikel „Stoppt Japan“

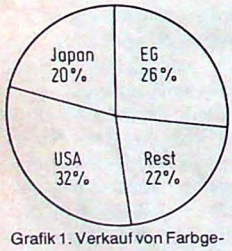
Gespräch in Brüssel: Dr. A. Prommer (Siemens, links) spricht mit J. Bouyer (Chef der Philips-Firma La Radiotechnique, Paris)

1977 erreichte die Produktion von Geräten der Unterhaltungselektronik in den neun Ländern der Europäischen Gemeinschaft (EG) einen Wert von 10 Mrd. Dollar; Farbfernsehgeräte hatten daran einen Anteil von 4 Mrd. Dollar. In diesem Industriezweig waren innerhalb der EG etwa 500 000 Mitarbeiter tätig – sie lebten von dieser Industrie. 150 000 arbeiteten in Fabriken für Farbfernsehgeräte. Die Farbbildröhre macht ein Drittel des Wertes vom fertigen Gerät aus. Diese Angaben unterstreichen nach Ansicht der European Electronic Components Association (EECA) die Gefährlichkeit des Exportdruckes japanischer Farbbildröhren-Hersteller und letztlich auch der Produzenten fertiger Geräte auf Europa.

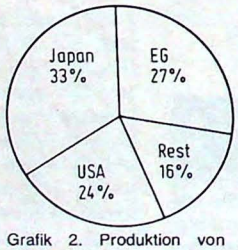
Die *Grafiken 1* bis *3* zeigen das Mißverhältnis bei Verkauf und Produktion von Farbgeräten und Farbbildröhren zwischen Japan, den USA und der EG. Japan ist der große Produzent und Exporteur, vornehmlich die USA sind das Einfuhrland. Nachdem sich die USA mit dem Selbstbeschränkungsabkommen (Orderly Marketing Agreement – O.M.A.) erfolgreich gegen eine Überflutung durch Einfuhren japanischer Geräte wehrte (*Grafik 4*), ist zu erwarten, daß die Exportoffensive gegen Europa verstärkt wird, wo die Versorgung der Haushalte mit Farbgeräten noch weit hinter Japan und den USA zurück ist (*Grafik 5*). Wie sich der Verkauf von Farbgeräten in der Welt bis 1977 entwickelte und wie er voraussichtlich weitergehen wird, kann der *Grafik 6* entnommen werden.

Dem Verkauf geht die Produktion voran. Wie sie sich in den USA, der EG und in Japan entwickelt hat (1978 ist geschätzt), geht aus der *Grafik 7* hervor. Dabei ist die Bevölkerungszahl zu berücksichtigen: USA 213,6 Millionen, EG 258,8 Millionen und Japan rd. 110 Millionen. Die *Tabelle* nennt weiteres Zahlenmaterial zur Produktion von Geräten und Röhren und gibt Hinweise auf die Importquellen.

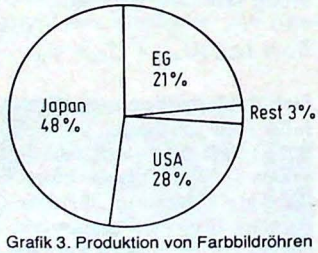
In der Pressekonferenz in Brüssel (siehe Leitartikel) wurde nach den Gründen für die japanische Produktionsüberlegenheit gefragt. Die Antwort: Die europäischen Produktionsstätten sind aus historischen Gründen (nationale Fabriken) gegenüber den Giganten in Japan zu klein, auch ist, beispielsweise, die Abschreibung in Japan weitaus großzügiger als in Europa geregelt. Eine technische Überlegenheit der Japaner auf dem Gebiet der Farbbildröhre ist nicht gegeben, die Qualität der europäischen Röhren ist teilweise besser. -r



Grafik 1. Verkauf von Farbgeräten.



Grafik 2. Produktion von Farbgeräten

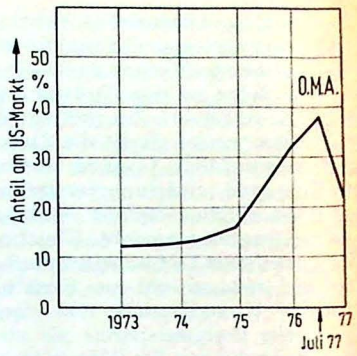


Grafik 3. Produktion von Farbbildröhren in der Welt (1977 = 30 Mio)

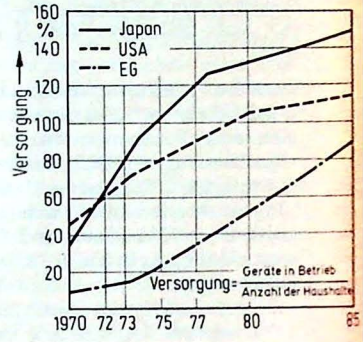
Zahlen zum Farbgeräte- und Farbbildröhren-Export und zur Produktion

	USA				Japan				Europ. Gemeinschaft			
	Farbgeräte		Farbbildröhren		Farbgeräte		Farbbildröhren		Farbgeräte		Farbbildröhren	
	1974	1977	1974	1977	1974	1977	1974	1977	1974	1977	1974	1977
Produktion	7,1	6,8	8,3	8,6	7,1	9,6	9,8	14,5	5,8	7,8	5,0	6,5
Importe	1,3	2,5	–	0,3	–	–	–	–	0,7	0,9	1,9	2,8
(davon aus Japan)	(0,9)	(2,0)	(–)	(0,3)					(0,4)	(0,5)[2]	(1,1)	(1,9)[2]
Exporte	0,2	0,2	0,6	1,2	2,0	4,2[1]	2,0	4,2[1]	0,5	0,8	0,9	1,2
Verkäufe	7,8	9,1	8,0	7,7	5,1	5,3	7,5	10,0	5,9	7,4	5,9	8,0

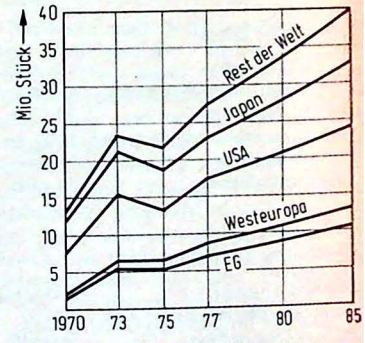
[1]) Export von Farbbildröhren: in Geräten 4,2, als Röhre 4,2, zusammen = 8,4.
[2]) Farbbildröhren-Einfuhren aus Japan: in Geräten 0,5, als Röhren 1,9, zusammen = 2,4.
Alle Angaben in Millionen Stück.



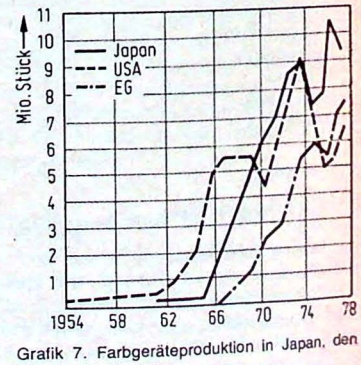
Grafik 4. Der Export japanischer Farbgeräte in die USA. Im Juli 1977 trat O.M.A. in Kraft



Grafik 5. Versorgung mit Farbgeräten in Japan, den USA und in der EG



Grafik 6. Inlandsabsatz von Farbgeräten



Grafik 7. Farbgeräteproduktion in Japan, den USA und in der EG

Mit Einführung von Kunststoffolien als Dielektrikum hat bei Wickel-Kondensatoren eine ständige Evolution begonnen. Die Möglichkeit, die meisten Kunststoffolien metallisieren zu können, erlaubte eine höhere Feldstärke und damit eine drastische Verkleinerung der Abmessungen. Größere Kapazitäts-Werte, abgesehen von Sonderanwendungen mit hoher Strombelastung, werden deshalb fast ausschließlich mit metallisierten Belägen ausgeführt. Ständige Verkleinerung des Rastermaßes – zunächst 10 mm, später 7,5 mm, zur Zeit 5 mm – ließ den Einsatz metallisierter Kondensatoren auch auf dem Gebiet der kleinen Kapazitäts-Werte interessant erscheinen, der bisher Film-Folie-Kondensatoren vorbehalten war.

Dr. Paul Petrick

Technologie und Frequenzverhalten von Folien-Kondensatoren kleiner Kapazität

1. Teil

Es erscheint zweifellos attraktiv, den gesamten Kapazitäts-Bereich von Wickel-Kondensatoren in einer bezüglich Dielektrikum, Belag, Kontaktierung und Umhüllung einheitlichen Ausführung einsetzen zu können.

Die Verwendung von Kondensatoren mit niedrigen Kapazitäts-Werten, vor allem bei höheren Frequenzen, erfordert aber abgesehen von einer vergleichsweisen Gegenüberstellung der wichtigsten Parameter wie Abmessungen, Klimaverhalten, Preis auch die Betrachtung des grundsätzlichen Frequenzverhaltens und der dabei auftretenden Streuungen. Der für einen Vergleich infrage kommende Bereich kann zwar beliebig ausgedehnt werden, bei Werten unter 1000 pF ist bisher der Einsatz von metallisierten Kondensatoren jedoch kaum erwogen worden. 1000 pF bis 22 000 pF wird als Schwerpunkt für die nachfolgenden Überlegungen angesehen, eine eventuelle Ausdehnung bis 47 000 pF wäre vertretbar.

Fertigungsverfahren bei Wickel-Kondensatoren

Verglichen werden zunächst die ökonomischsten Ausführungsformen der jeweiligen Konstruktion. Bei Film-Folie-Kondensatoren sind Monoblock-Kondensatoren mit Dielektrikumsfolie als Umhüllung ohne zusätzlichen Einbau mit wenigen Arbeitsgängen herstellbar. Die übliche Reihenfolge ist Wickeln, Pressen, Versiegeln, Messen.

Da die Anschlußdrähte bereits beim Wickeln angeschweißt werden können, ist nachträgliches Kontaktieren nicht erforderlich. Durch die Schweißverbindung Alufolie/Anschlußdraht ist ein niederohmiger und dauerhafter Kontakt herstellbar, der gesamte Übergangswiderstand der Anschlüsse liegt bei 1...2 mΩ, unabhängig von der Größe des Wickels. Werden dagegen Film-Folie-Kondensatoren mit überstehender Metallfolie gewickelt, sind mehr Arbeitsgänge erforderlich. Als üblich kann der Ablauf Wickeln, Pressen, Kontaktieren, Umhüllen, Messen, Stempeln angesehen werden. An sich wäre bei überstehender Metallfolie der niederohmigste Kontaktübergangswiderstand zu erwarten. Dies trifft aber nur bei vollständiger Verlötung der Stirnflächen zu.

Die Werte der Übergangswiderstände hängen von der Größe der Stirnfläche ab. Gemessen wurden 0,2 mΩ bei 0,1 µF bis 1 mΩ bei 0,01 µF für beide Stirnflächen (gemessen an Kurzschlußwickeln). Werden die Drähte aber auf die Metallfolienstirnflächen ohne Lot geschweißt, dann werden neben niederohmigen auch relativ stark nach oben streuende Übergangswiderstände beobachtet.

Der Fertigungsablauf bei metallisierten Kondensatoren besteht weitgehend einheitlich aus Wickeln, Pressen, Metallspritzen, Kontaktieren, Umhüllen, Messen, Stempeln. Durch den Übergang von aufgespritzter Metallschicht zu dünnem Metallfilm sind höhere Übergangswiderstände und deutliche Streuungen der Übergangswiderstände unvermeidbar. In dem interessierenden Bereich zwischen 4700 pF und 0,22 µF liegen die Übergangswiderstände der Kontaktierung bei 10...40 mΩ für beide Stirnflächen. Etwas besser verhalten sich in diesem Falle Schicht-Kondensatoren. Wegen der laminaren Struktur sind keine langen Wege zwischen gut kontaktierten Stellen zu überbrücken. Die Streuung beim Übergangswiderstand ist daher kleiner, jedoch kann sich die Kontaktierung vor allem von nicht umhüllten unisolierten Monoblock-Ausführungen bei klimatischen Beanspruchungen erheblich verschlechtern, da die dünnen aufgedampften Metallschichten von Wasser oder Wasserdampf angegriffen werden.

Abmessungen

Grundsätzlich wären metallisierte Kondensatoren, wegen der Möglichkeit höhere Feldstärken verwenden zu können, auch bei kleinen Kapazitäts-Werten kleiner herstellbar als Film-Folie-Kondensatoren. Vergleichsweise kann mit 2-µ-Kunststoffolie bei metallisierten Kondensatoren etwa dieselbe Nennspannung zugelassen werden wie bei Film-Folie-Kondensatoren mit 5-µ-Folie. Die Abmessungen würden jedoch bei metallisierten Kondensatoren so klein, daß eine brauchbare Kontaktierung nicht zu erwarten wäre. Kleine Kapazitäts-Werte werden daher bei metallisierten Kondensatoren stark überdimensioniert, so daß der Abmessungsvorteil verlorengeht. Außerdem ist zu beachten, daß bei Film-Folie-Kondensatoren mit auf die Metallfolie angeschweißten Kontakten der Übergangswiderstand von den Abmessungen unabhängig ist, bei Film-Folie-Kondensatoren mit überstehender Alufolie (nicht verlötet) und bei metallisierten Kondensatoren aber der Übergangswiderstand selbst und vor allem seine Streuung mit kleinen Abmessungen aufgrund der geringen Kontaktierungsfläche deutlich zunehmen und die Kontaktierung an Stabilität verliert.

Dr. rer. nat. Paul Petrick (51) studierte Physikalische Chemie. Er ist in der Bauelementeentwicklung der Firmengruppe Roederstein beschäftigt.

In dem Bereich bis 22 000 pF sind die Abmessungen bei Kondensatoren mit Polyesterfolie mit 5 und 7,5 mm Raster entsprechend *Tabelle 1* üblich. Zum Vergleich wurden Keramik-Kondensatoren angeführt, bei denen zwar noch kleinere Abmessungen erzielbar sind, die jedoch bei K 10 000 nur mit weiter Toleranz (+ 80/–20) und mit hoher Kapazitätsänderung mit der Temperatur herstellbar sind.

In Prüfvorschriften (z. B. Normen) wird zur Beurteilung des Klimaverhaltens im allgemeinen die Temperaturwechselbeständigkeit und das Verhalten bei Feuchte herangezogen. Bei Temperaturwechsel interessiert bei Film-Folie-Monoblock-Kondensatoren eigentlich nur die bleibende Kapazitäts-Änderung. Alle anderen Parameter sind unempfindlich. Bei Film-Folie-Kondensatoren mit Stirnflächenkontaktierung kann sich der Kontaktwiderstand ändern, bei metallisierten Kondensatoren muß außerdem noch der Isolations-Widerstand beachtet werden.

Bei Feuchte reagieren Monoblock-Kondensatoren ebenso unempfindlich, praktisch nur durch Kapazitäts-Änderung. Feuchte kann zwar eindringen, beeinflußt aber das Verhalten der Kondensatoren sonst nicht, und bei trockener Atmosphäre wird wieder der Ausgangszustand erreicht. Kondensatoren mit überstehender Alufolie sind wegen des erforderlichen mechanischen Schutzes der Kontaktierung fast immer umhüllt bzw. eingebaut und daher bei solider Ausführung der Umhüllung gegen Feuchteeinfluß geschützt.

Bei unvollständigem Feuchteschutz, der trotz Umhüllung nie auszuschließen ist, besteht trotzdem kaum eine Wahrscheinlichkeit für Änderung von Isolations-Widerstand oder Übergangswiderstand der Kontaktierung. Metallisierte Kondensatoren werden vorzugsweise umhüllt eingesetzt, um Feuchteeinfluß grundsätzlich von der sehr dünnen Metallisierung fernzuhalten.

Feuchte im Kondensator führt, wie bereits ausgeführt, sowohl zur Erhöhung des Kontaktwiderstandes wie zu Verschlechterung des Isolations-Widerstandes. Je kleiner die Abmessungen, um so anfälliger erweisen sich metallisierte Kondensatoren bei eingedrungener Feuchte. Metallisierte Monoblock-Kondensatoren sind daher nur in gepflegtem Klima ohne Bedenken verwendbar. Besonders schädlich erweist sich ein aus Kostengründen oft versuchter Kompromiß mit einer wenig aufwendigen und daher auch feuchtedurchlässigen Umhüllung. Die Feuchte dringt meist relativ schnell ein, kann aber in Perioden trockenen Klimas nicht schnell genug wieder abgegeben werden. Die Umhüllung wirkt nicht als Schutz sondern als Feuchtefalle. In diesem Dampftopf werden die elektrischen Werte besonders schnell beeinträchtigt.

Preis

Der Preis wird, abgesehen von dem Aufwand beim Herstellungsverfahren, auch von der Marktpolitik bestimmt. Bei Betrachtung von Materialaufwand und Herstellungskosten müßten Film-Folie-Kondensatoren in Monoblock-Ausführung unter normalen Verhältnissen zwar entsprechend günstiger liegen, doch kann sich aufgrund besonderer Marktstrategie auch ein anderes Bild ergeben.

Frequenzverhalten

Für die Beurteilung des Frequenzverhaltens von Kondensatoren werden üblicherweise Scheinwiderstand, Serienwiderstand und Induktivität herangezogen. Die bekannten Zusammenhänge sind

$$\text{Scheinwiderstand } Z = \frac{1}{\omega C} \text{ für idealen Kondensator} \quad (1)$$

$$Z = \sqrt{\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2 + ESR^2} \quad \text{für Kondensatoren mit Serienwiderstand (ESR)} \quad (2)$$

$$\text{Resonanzfrequenz } fo = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3)$$

$$\tan\delta = ESR\omega C \quad (\omega = 2\pi f) \quad (4)$$

Die Messung der Frequenzabhängigkeit erfolgte über die Einfügungsdämpfung im 60-Ω-System.

ESR

ESR ist aus ohmschem Widerstand, vor allem der Kontaktierung, und dielektrischen Verlusten zusammengesetzt. Der ohmsche Widerstand liegt im Milliohmbereich (siehe Abschnitt Fertigungsverfahren) und nimmt im allgemeinen mit steigender Kapazität ab (zumindest in dem diskutierten Kapazitätsbereich). Die dielektrischen Verluste sind vom Material des Dielektrikums abhängig, sind aber praktisch unabhängig vom Kapazitäts-Wert.

Der tan δ der meisten Film-Dielektrika nimmt mit der Frequenz zu, jedoch nicht proportional, so daß der umgerechnete ESR zwar mit der Frequenz abnimmt (siehe *Bild 1*) aber nicht proportional.

Aus dem Verhältnis von $\frac{1}{\omega C}$ zu ESR nach (2) und dem Absolutwert des ESR ist leicht abzuleiten, daß bei großen C-Werten bereits bei relativ niedriger Frequenz aus dem ESR oder tan δ Beurteilung der Kontaktierung möglich wird. Bei kleineren C-Werten liegt der $\frac{1}{\omega C}$ Wert bei gleichem tan δ entsprechend höher (4), der Anteil der Kontaktierung wird

Tabelle 1. Abmessungen von Klein-Kondensatoren

Rastermaß 5 mm	Film-Folie Polyester	metallisierte Folie Polyester	Keramik K 2 000 1)	Keramik K 10 000 1)
	bxhx1/U_N	bxhx1/U_N	bxhx1/U_N	bxhx1/U_N
4700 pF	2,0x6,0x6,7/100 V–	2,8x6,4x7,5/100V–	2,1x8x6,5/63 V–	2,1x5x3,5/40 V–
0,01	2,3x8x6,8/100 V–	2,8x6,4x7,5/100 V–		2,1x6x4,5/40 V–
0,022	3,3x10x7,1/63 V–	2,8x6,4x7,5/63 V–		2,1x8x6,5/40 V–
Rastermaß 7,5 mm				
4700 pF	2,6x8,5x9,6/100 V–	4x8,5x10,5/250 V–		
0,01 µF	2,6x8,5x9,6/100 V–	4x8,5x10,5/250 V–		
0,022 µF	3x8,5x9,6/63 V–	4x8,5x10,5/250 V–		
0,047 µF	4x10x10,2/63 V–	4x8,5x10,5/250 V–		

1) jeweils 1 mm für Lackhosen zugeschlagen

erst bei einer dem Kapazitäts-Wert umgekehrt proportinal höheren Frequenz bemerkbar.

Tabelle 2 zeigt vergleichsweise ESR-Werte für kleine Kapazitäten metallisierter Kondensatoren. Die ohmschen Widerstandswerte der Kontaktierung wurden durch Herstellung von Kurzschlußwickeln gleicher Abmessung bzw. gleichen grundsätzlichen Aufbaues wie die der Kondensatoren bestimmt.

Dasselbe Verfahren wurde bei Film-Folie-Kondensatoren nach *Tabelle 3* angewendet. Allgemein liegt der ohmsche Widerstand der Kontaktierung bei Film-Folie-Kondensatoren unabhängig von der Kontaktierungsart, bei kleinen C-Werten bei ca. 1/20 des Widerstandes von metallisierten Kondensatoren. Die geringen Unterschiede bei verschiedenen Folienarten dürften auch auf die nicht ausreichende Empfindlichkeit der Meßanordnung bei kleinen Serien-Widerstands-Werten zurückzuführen sein.

In den *Tabellen 4, 5* und *6* sind die ESR-Werte unterschiedlicher Ausführungen und der Kapazitäts-Werte 4700 pF/0,01 µF/0,022 µF bei Resonanzfrequenz angegeben. Die Unterschiede sind nicht groß, jedoch, was aus den typischen Werten nicht zu ersehen ist, streuen die ESR-Werte bei Monoblock-Film-Folie-Kondensatoren wesentlich weniger als bei metallisierten Kondensatoren und bei Keramik-Kondensatoren.

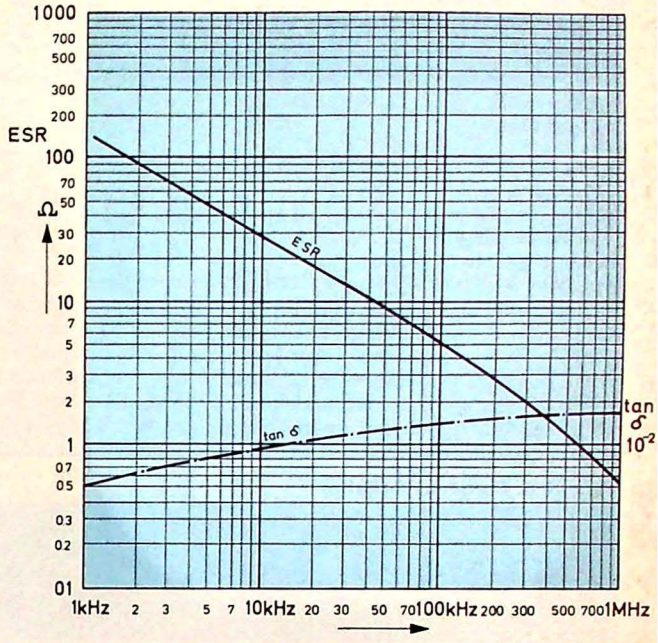


Bild 1. Frequenzabhängigkeit von tan δ/ESR Film/Folie, Polyester

Tabelle 2. Frequenzverhalten metallisierter Modell-Kondensatoren

Ausführung	C-Wert (µF)	ESR der Kondensatoren 100 kHz (mΩ)	ESR der Kondensatoren bei Resonanzfrequenz (mΩ)	Ohmscher Widerstand der Kontaktierung (mΩ)
MKP	0,01	50	32	18
	0,033	30	28	12
MKC	0,01	470	80	27
	0,033	180	40	16
MKT	0,01	2000	120	40
	0,033	880	70	30

Tabelle 3. Frequenzverhalten von 0,1-µF-Modell-Kondensatoren – Alufolie/Kunststoffolie/Draht 0,8 mm Kupfer, stirnflächenkontaktiert

		Drahtlänge 2 mm			6 mm			
Folie	Kontaktierung	Resonanz-frequenz MHz	ESR mΩ	Induktivität nH	Resonanz-frequenz MHz	ESR mΩ	Induktivität nH	Ohmscher Widerstand der Kontaktierung
Styroflex	Reibelot	5	7,3	9	4,2	8,5	14	< 1 mΩ
	Schoopierung	5	9	9	4,2	9,5	14	
Polypropylen	Reibelot	5	8,5	9	4,2	9,5	14	
	Schoopierung	5	10	9	4,2	10,5	14	
Polycarbonat	Reibelot	5	9,5	9	4,2	10,0	14	
	Schoopierung	5	11,5	9	4,2	12	14	
Polyester	Reibelot	5	12,5	9	4,2	14	14	
	Schoopierung	5	13,5	9	4,2	16	14	

Induktivität pro mm Anschlußlänge ca. 0,65 nH
Wickellänge = 20 mm, entspricht einer Induktivität von 0,32 nH/mm Wickellänge

Tabelle 4. Frequenzverhalten

Kapazität 4700 pF Ausführung	Drahtlänge 2 mm Resonanz-frequenz MHz	ESR mΩ	Drahtlänge 6 mm Resonanz-frequenz MHz	ESR mΩ
Styroflex, axial	22	85	17	100
Polyester-Film-Folie Rastermaß 5/7,5 eingelegte Drähte	32	90	22	100
Polypropylen-Film-Folie, Rastermaß 5 eingelegte Drähte	33	90	23	110
Keramik K 2000	30	75	24	85
Keramik K 10000	30	85	28	100
Keramik-Sperrschicht	73	950	63	1200
Polyester-Film-Folie Rastermaß 5/7,5 stirnkontaktiert	33	85 (Streuung 65–120)	23	95 (Streuung 80–130)

Tabelle 5. Frequenzverhalten

Kapazität 0,01 µF Ausführung	Drahtlänge 2 mm Resonanz-frequenz MHz	ESR mΩ	Drahtlänge 6 mm Resonanz-frequenz MHz	ESR mΩ
Styroflex, axial	14	85	11	90
Polyester-Film-Folie Rastermaß 5/7,5 eingelegte Drähte	22	75	16	90
Polypropylen-Film-Folie, Rastermaß 5 eingelegte Drähte	21	90	15	110
metallisierte Polyesterfolie radial, 7,5 mm Raster	22	105	15	130
Keramik K 10 000	22	100	16	
Keramik-Sperrschicht	24	460	20	530
Polyester-Film-Folie Rastermaß 5/7,5 stirnkontaktiert	22	95 (MW) (Streuung 60–150)	16	110

Tabelle 6. Frequenzverhalten

Kapazität 0,022 µF Ausführung	Drahtlänge 2 mm Resonanz-frequenz MHz	ESR mΩ	Streuung	Drahtlänge 6 mm Resonanz-frequenz MHz	ESR mΩ
Styroflex, axial	7,5	85	klein	6,5	90
Polyesterfolie Rastermaß 5/7,5 eingelegte Drähte	15	75	klein	10	80
Polypropylen-Film-Folie, Rastermaß eingelegte Drähte	14,5	80	klein	10,5	90
metallisierte Polyesterfolie Raster 7,5	14	110	groß	9	130
metallisierte Polyesterfolie	14,5	90	klein	10,5	100
Schichtaufbau Keramik K 2 000	14	45	groß	10	45
K 10 000	14	45	groß	10,5	50
Keramik-Sperr-schicht	24	900	groß	17	1200

(Schluß folgt in Heft 25)

Hans Peschl

Der zweite Teil des Beitrages zeigt, daß die Effektivwertmessung mit Breitband-Spannungsmessern erhebliche Fehler mit sich bringt. Diese Fehler lassen sich zwar berechnen, doch wird die Messung durch einen „echten" Effektivwertmesser vereinfacht.

Was ist „echte" Effektivwertmessung?

2. Teil

Der Effektivwert einer dreieckförmigen Spannung, wie sie in *Bild 9* skizziert ist, berechnet sich zu $U_{eff} = \frac{U_{ss}}{2 \cdot \sqrt{3}}$. Ein Gerät mit Mittelwertgleichrichter und Effektivwerteichung für sinusförmigen Spannungsverlauf würde hier einen Wert von $U'_{eff} = \frac{U_{ss}}{2 \cdot 4 \cdot \sqrt{2}}$ also 3,8 % zu wenig anzeigen. Mit einem Spitzenwertgleichrichter dagegen ergibt sich eine Anzeige von $U''_{eff} = \frac{U_{ss}}{2 \cdot \sqrt{2}}$, also um etwa 22,5 % zu hoch.

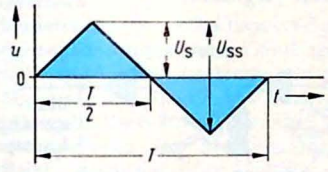


Bild 9. Dreieckförmiger Spannungsablauf, Kenngrößen: $U_{s+} = U_{s-} = U_s$ = Scheitelwert, T = Periodendauer

Die Beispiele zeigen, daß Breitband-Spannungsmesser mit Gleichrichtern als Meßumformer und Effektivwerteichung streng genommen nur den Effektivwert von rein sinusförmigen Spannungen richtig anzeigen. Sind zusätzlich zur Grundwelle noch Oberwellen in der zu messenden Spannung vorhanden, so hängt es neben der Amplitude der Harmonischen auch noch von ihrer Ordnungszahl und ihrer Phasenlage ab, ob und wie sich ihr Vorhandensein auf die Anzeige des Gerätes auswirkt. Weil aber bei praktischen Meßaufgaben diese Größen nicht als bekannt vorausgesetzt werden können, ist eine Fehlerabschätzung nur im Hinblick auf den möglicherweise auftretenden Maximalfehler (worst-case-Betrachtung) sinnvoll. Selbst bei verhältnismäßig stark verzerrtem Kurvenverlauf – dazu kann der dreieckförmige Spannungsverlauf von Bild 9 durchaus noch gerechnet werden – bleibt aber der Fehler noch in halbwegs erträglichen Grenzen. Hieraus – und aus dem relativ geringen technischen Aufwand für die Herstellung dieser Geräte – erklärt sich die weite Verbreitung, welche solche Breitband-Spannungsmesser in der Praxis gefunden haben. Bei Geräten mit digitaler Anzeige und dementsprechend hohem Auflösungsvermögen sollte man jedoch in jedem Falle das Meßergebnis kritisch betrachten!

Wenn aber ein sehr großer Oberwellenanteil vorhanden ist – z. B. bei impulsförmigen Spannungsverläufen nach *Bild 10* – werden die Meßfehler untragbar groß. In Abhängigkeit vom Tastverhältnis ist dieser Fehler im *Bild 11* dargestellt. Auch bei geschalteten Sinusspannungen – siehe *Bild 12* – kann der Meßfehler beträchtliche Werte annehmen, siehe dazu *Bild 13*. Hier sind die Anzeigen der handelsüblichen Meßgeräte praktisch wertlos. In solchen Fällen sind Meßgeräte notwendig, die den Effektivwert der Spannung unmittelbar, unabhängig von der Kurvenform der zu messenden Wechselspannung, zur Anzeige bringen: Soge-

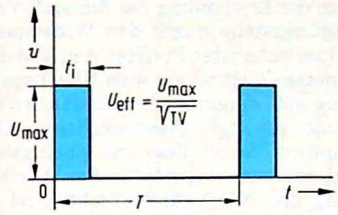


Bild 10. Gleichspannungsimpuls, Kennwerte: U_{max} = Impuls-Scheitelwert, t_i = Impulsdauer, T = Periodendauer; Tastverhältnis TV = Periodendauer/Impulsdauer, Tastgrad = 1/TV (nach DIN 5488 bzw. DIN 45 402)

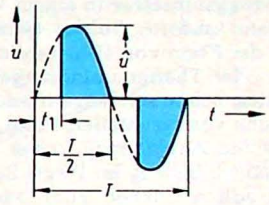


Bild 12. Geschaltete Sinusspannung, Kennwerte: $\hat{u}$ = Scheitelwert, T = Periodendauer, Schaltzeitpunkt $t_1 = k \cdot T/2$, Schaltwinkel $\alpha = \omega \cdot t_1 = k \cdot 180° = k \cdot \pi$

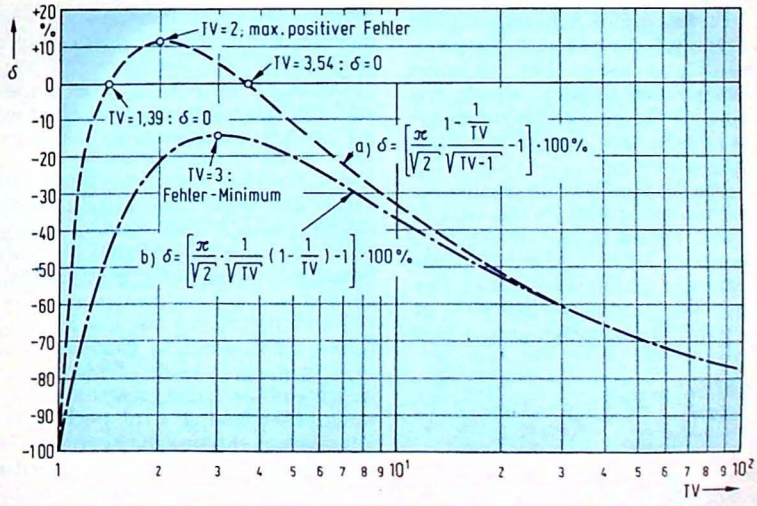


Bild 11. Gleichspannungsimpuls: Meßfehler δ bei Effektivwertanzeige eines Gerätes mit Mittelwertgleichrichtung, dargestellt in Abhängigkeit vom Tastverhältnis.

$$\delta = \frac{\text{Geräteanzeige} - \text{tatsächlicher Wert}}{\text{tatsächlicher Wert}} \cdot 100\,\%.$$

a) gleichspannungsgekoppelt, Gleichspannungsanteil wird mit übertragen. b) wechselspannungsgekoppelt, Gleichspannungsanteil wird nicht übertragen

nannte „echte" Effektivwertmesser (die englische Bezeichnung für solche Geräte lautet „True RMS voltmeter" = true root-mean-square voltmeter = Spannungsmesser mit Anzeige des wahren quadratischen Mittelwertes). Diese Geräte dürfen nicht mit Spannungsmessern verwechselt werden, die eine Linearkombination von Mittelwertgleichrichter und Spitzenwertgleichrichter verwenden: den quasi-Effektivwert-Gleichrichter. Diese Geräte zeigen zwar für symmetrische Spannungen, z. B. Rechteck, Dreieck oder Sinus mit bis zu einigen Prozenten Oberwellengehalt den wahren Effektivwert an, bei unsymmetrischen Kurvenformen treten aber auch hier Meßfehler in ähnlichen Größenordnungen wie bei Mittelwertgleichrichtern auf.

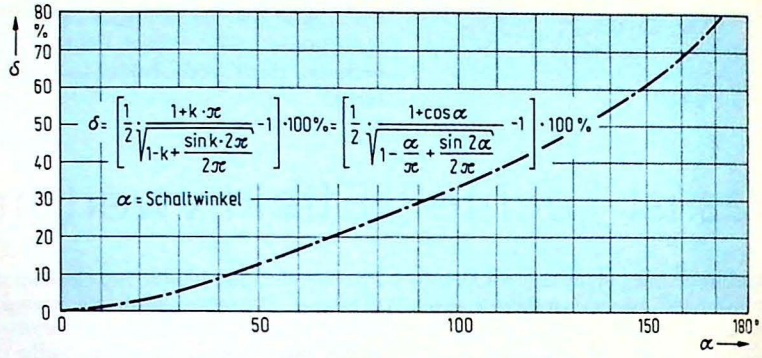


Bild 13. Meßfehler in Abhängigkeit vom Schaltwinkel. Geschaltete Sinusspannung, gemessen mit Mittelwertgleichrichter und Effektivwerteichung für sinusförmigen Spannungsverlauf

Thermoumformer

„Echte" Effektivwertmesser nutzen meist die Erwärmung aus, die als Folge des Leistungsumsatzes in einem Wirkwiderstand auftritt. Solche Geräte – z. B. in der Form von Hitzdrahtinstrumenten oder Thermoumformergeräten – sind zwar schon seit langem bekannt. Eine Reihe von Nachteilen stand ihrer universellen Anwendung in der Elektronik jedoch bislang im Wege: Relativ unempfindlich, daher zum Messen kleiner Wechselspannungen nicht geeignet; verhältnismäßig träge und sehr empfindlich gegen Überlastung: bereits 10 % Überlast können zur Zerstörung führen. Hinzu kommt hoher Eigenverbrauch, – als Spannungsmesser haben diese Geräte einen meist sehr niedrigen Innenwiderstand, der das Meßobjekt stark belastet. – Und schließlich führt auch Fremderwärmung, d. h. Temperatureinfluß von außen her, zu einer Fehlanzeige des Gerätes. Durch Anwendung moderner Technologien gelang es jedoch, diese Nachteile weitgehend auszuschalten.

Die prinzipielle Wirkungsweise eines Thermoumformers ist aus *Bild 14* ersichtlich. Die zu messende Wechselspannung wird einem Meßwiderstand zugeführt, der infolge des in ihm auftretenden Wirkleistungsumsatzes erwärmt wird. In thermisch gutem Kontakt mit diesem Widerstand, aber galvanisch vollkommen von ihm getrennt, ist eine Verbindungsstelle zweier unterschiedlicher Metalle angebracht. Infolge der Erwärmung der Bimetall-Verbindungsstelle durch den Widerstand tritt zwischen den Punkten A und M der Bimetall-Verbindung eine Gleichspannung auf, deren Größe von der Erwärmung abhängt (Seebeckeffekt). Die Empfindlichkeit liegt im günstigsten Fall bei etwa 0,4 mV/°C. Bei Anwendung der Dünnschicht-Technik ist es jedoch heute möglich, bis zu etwa 30 solcher bimetallischen Verbindungsstellen elektrisch in Serie zu schalten, wobei jede einzelne Verbindungsstelle gleich guten thermischen Kontakt zum Heizwiderstand aufweisen muß. Die Empfindlichkeit ist dann 30 mal größer als beim Einzelelement, ergibt also schon etwa 12 mV/°C. Bedingt durch die notwendige Miniaturisierung wird auch die thermische Trägheit geringer. Dadurch ist es heute möglich, Wechselspannungen bis herab zu 1 Hz zu messen. Für 2 Hz beträgt dann allerdings die Meßzeit schon etwa 10 Sekunden.

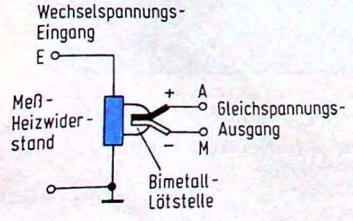


Bild 14. Prinzip-Aufbau eines Bimetall-Thermoumformers

Um Verfälschungen des Meßergebnisses durch Temperatureinflüsse von außen auszuschalten, wird eine Kompensationsschaltung, s. *Bild 15*, angewendet. Vergleichselement und Meßelement sind gegeneinander geschaltet. Dadurch liefert eine durch äußere Einflüsse hervorgerufene Temperaturänderung, die ja in beiden Widerständen gleich groß ist, keine zusätzliche Spannung. Gleichzeitig wird noch durch eine Gegenkopplung die Kennlinie des Thermoumformers, die primär quadratischen Verlauf hat, linearisiert.

Neben Thermoumformern in der eben beschriebenen Form findet man auch beispielsweise Schaltungen in integrierter Technik, wo der Meßwiderstand sich in gutem thermischen Kontakt mit einem Transistor befindet. Eine solche Schaltung funktioniert dann ähnlich wie ein Bimetall-Element: Erwärmung des Meßwiderstandes erwärmt den Transistor, wodurch sich der Strom durch den Transistor infolge seiner temperaturabhängigen Leitfähigkeit vergrößert.

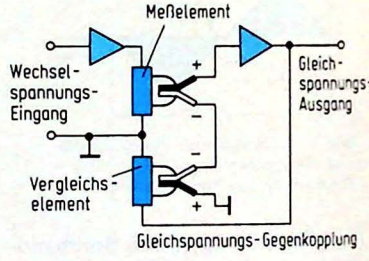


Bild 15. Blockschaltbild einer Kompensationsschaltung von zwei Bimetall-Thermoumformern

Es ist erkennbar, daß der technische Aufwand für einen „echten" Effektivwertmesser, verglichen mit einem Wechselspannungsmeßgerät herkömmlicher Art, erheblich größer ist. Mehr als 15 Jahre technologischer Entwicklung waren notwendig, um vom teueren, für speziellen Einsatz vorgesehenen Laborgerät, zu einem einigermaßen preiswerten Universalgerät zu kommen. In den Datenblättern „echter" Effektivwertmesser fallen jedoch Angaben auf, die bei Wechselspannungsmeßgeräten herkömmlicher Art nicht zu finden sind. Diese speziellen Angaben sollen hier näher untersucht werden.

Spezielle Kenngrößen

Als wichtigste Kenngröße findet man die Angabe des „Crest-Faktors" oder „Scheitelfaktors" [2]. Dieser ist als Wechselgröße definiert zu S = Scheitelfaktor = Scheitelwert/Effektivwert =

$\hat{u}/U_{eff}$ (im Englischen wird zur Abkürzung die Schreibweise CF = crest-factor benutzt). Bei unsymmetrischen Spannungskurven, wo positiver und negativer Scheitelwert unterschiedlich groß sind, ist als Scheitelwert der jeweils größere Wert einzusetzen. Der zulässige Scheitelfaktor (Crestfaktor) gibt Auskunft über die dynamischen Aussteuerungsgrenzen des Meßgerätes. Bei manchen Meßaufgaben kann es vorkommen, daß Signale vorliegen, deren Spitzenwert viele Male größer ist als ihr Effektivwert. Der ungünstigste Fall ist dann gegeben, wenn der Effektivwert der am Thermoumformer anliegenden Spannung zu Vollausschlag am Anzeigegerät führt. Dann muß – wenn z. B. der Spitzenwert der zu messenden Wechselspannung fünfmal größer als dieser Effektivwert ist – der lineare Aussteuerbereich des Vorverstärkers auch fünfmal größer als der des Umformers sein, wenn nicht Meßfehler durch Begrenzungseinsatz auftreten sollen. Daher bezieht sich die Angabe des zulässigen Crest-Faktors auf Gerätevollausschlag.

Handelsübliche Effektivwert-Spannungsmesser sind in ihrer Genauigkeit spezifiziert für Crest-Faktoren von 2 bis 10. Die Angaben über Crest-Faktoren in den Datenblättern sollte man aber sehr genau studieren. Bei Meßgeräten mit digitaler Anzeige wird häufig der Crest-Faktor auf Skalenendwert ohne Berücksichtigung des Überbereiches angegeben. Ist ein Gerät mit dreistelliger Anzeige und 100 % Überbereich (sogenanntes 3 $^1/_2$- stelliges Gerät) für einen Crest-Faktor von 6 spezifiziert, so kann das unter Umständen heißen, daß dieser Wert für eine Geräte-Anzeige von 999 gilt. Bei einer Geräte-Anzeige von 1999 könnte dieses Gerät nur Spannungen mit einem Crest-Faktor von 3 fehlerfrei verarbeiten!

Um eine Vorstellung von der Größenordnung des Crest-Faktors (Scheitelfaktors) von einigen häufiger vorkommenden Wechselspannungen zu vermitteln, ist dieser für eine impulsförmige Spannung in Abhängigkeit vom Tastverhältnis im *Bild 16* dargestellt. *Bild 17* zeigt den Crest-Faktor in Abhängigkeit vom Schaltwinkel für eine geschaltete Sinusspannung. Bei weißem Rauschen kann je nach Bandbreite mit Crestfaktoren von 3 bis 5 gerechnet werden, s. *Bild 18*. Dort ist erkennbar, daß der Spitze-Spitze-Wert etwa achtmal so groß wie der Effektivwert ist.

Die größten zulässigen Werte des Crest-Faktors ergeben sich im Anfangsbereich des eingestellten Skalenendwertes. Da im allgemeinen der Crest-Faktor der zu messenden Spannung

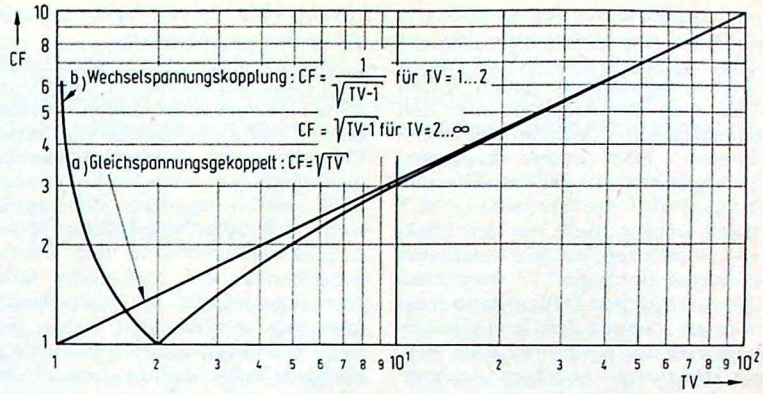


Bild 16. Crest-Faktor für impulsförmigen Spannungsverlauf nach Bild 10. a) Gleichspannungskopplung, b) Wechselspannungskopplung, Gleichspannungskomponente wird nicht mit übertragen

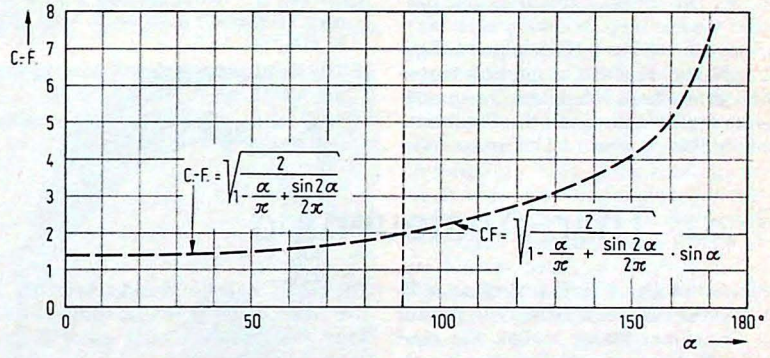


Bild 17. Crest-Faktor einer geschalteten Sinusspannung in Abhängigkeit vom Schaltwinkel α

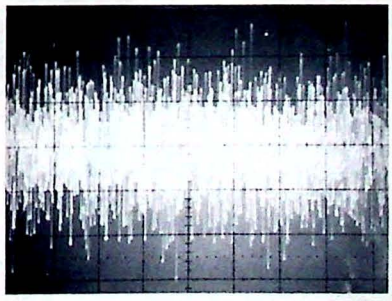


Bild 18. Schirmbildfoto weißes Rauschen. U_{reff} = 0,8 V, Bandbreite 10 Hz...22 kHz, Vertikal: 1 V/Skt., Horizontal: 2 ms/Skt., $U_{ss} \approx 6$ V; CF ≈ 3,8

nicht bekannt sein wird, empfiehlt es sich, die Messung mit Einstellung des unempfindlichsten Bereiches zu beginnen. Dann wird die Empfindlichkeit und damit auch die Auflösung schrittweise vergrößert. Auf diese Weise läßt sich einfach feststellen, wo eine Änderung des vom Gerät angezeigten Effektivwertes auftritt. Dies ist ein Hinweis darauf, daß – durch Spannungsspitzen bedingt – eine Übersteuerung auftritt. Fehlablesungen lassen sich auf diese Weise leichter vermeiden.

Für weißes Rauschen oder nichtperiodische Spannungsimpulse mit Gauß'scher Amplitudenverteilung ist in *Bild 19* der Meßfehler dargestellt,

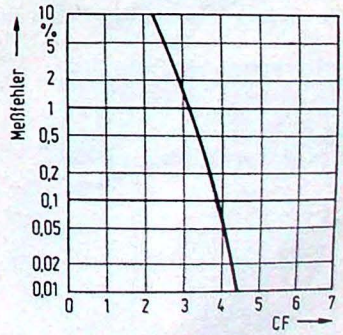


Bild 19. Weißes Rauschen: Meßfehler in Abhängigkeit vom gerätespezifischen Crest-Faktor

der sich ergibt, wenn der spezifizierte Crest-Faktor des Meßgerätes den auf der Abszisse abgetragenen Wert hat [3]. Zu Mißverständnissen Anlaß geben können auch die Angaben über den Frequenzbereich „echter" Effektivwertmesser. Eine untere Frequenzgrenze ergibt sich aus der Tatsache, daß nach Gl.(2) über die Integrationszeit T gemittelt werden muß, um den Effektivwert zu erhalten. Bei sehr langsamen Spannungsänderungen – verglichen mit der thermischen Zeitkonstanten des Umformers – würde das Gerät den Momentanwert der Spannung und nicht deren Effektivwert anzeigen. Andererseits jedoch muß das Gerät in der Lage sein, etwa einer Wechselspannung überlagerte Gleichspannungsanteile mit zu verarbeiten, um als wirklich „echter" Effektivwertmesser gelten zu können. Die untere Grenzfrequenz moderner Geräte liegt bei einigen 10 Hz – typisch 10...40 Hz –, Gleichspannungsankopplung ist meist zusätzlich vorgesehen (schaltbar). Eine obere Frequenzgrenze ergibt sich durch die Frequenzabhängigkeit des Umformer-Wirkungsgrades und die obere Grenzfrequenz des Vorverstärkers.

Der Meßfehler eines solchen Gerätes wird dann angegeben für Gleichspannung und einen bestimmten Frequenzbereich mit einer unteren und oberen Frequenzgrenze. Bei sehr stark oberwellenhaltigen Wechselspannungen muß selbstverständlich sichergestellt sein, daß alle wesentlichen Spannungskomponenten in den Übertragungsbereich des Meßgerätes fallen. Ansonsten würden die durch Bandbegrenzung entstehenden Fehler sehr rasch Werte annehmen, welche die gerätespezifische Meßunsicherheit überschreiten und die Anzeige wertlos machen.

Literatur:

[1] *Peschl, H.*: Definition des Klirrfaktors noch zeitgemäß? etz-b, Nr. 7, März 1977, S. 218-219.

[2] The significance of Crest-Faktor. hp-journal vol. 15, no. 5, Jan. 1964, p. 5.

[3] Bedienungsanweisung zu Ballantine Modell 323, S. 8.

IS zur Triac-Ansteuerung

Plessey stellte kürzlich drei neue IS zur Ansteuerung von Triacs vor, die auf den Consumer-Markt zielen. Sie sind alle als Nullspannungs-Schalter konzipiert, um möglichst geringe Funkstörungen zu erzeugen.

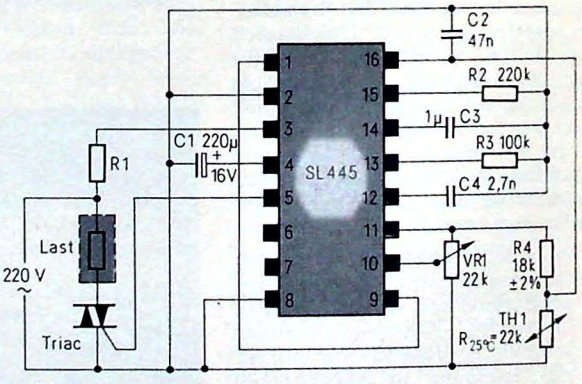
Der Typ SL 443 ist eine Schaltung, die symmetrische Zündimpulse liefert, und ist in einem 8-Pin-DIL-Gehäuse untergebracht. Hauptanwendungsbereiche sind elektrische Kochplatten, Haartrockner und andere Geräte hoher Leistungsaufnahme, deren Leistung von einem veränderlichen Widerstand gesteuert werden soll. In der Schaltung *Bild 1* dient R 1 zur Begrenzung des in die IS hineinfließenden Stromes; sie enthält auch die erforderliche Gleichrichterschaltung zum Betrieb am Wechselspannungsnetz. Mit dem Poti VR 1 läßt sich die durchschnittlich in der Last „verbratene" Leistung einstellen; die Periodendauer eines Schaltintervalles läßt sich nach der Beziehung 2 x VR 1 x C1 x U_{eff} ermitteln; mit den angegebenen Werten beträgt sie etwa 30 s. Die IS ist sehr unempfindlich gegenüber Störimpulsen aus dem Netz.

Die IS SL 445 ist etwas komplexer und in einem 16-Pin-Dual-In-Line-Gehäuse untergebracht. Sie wurde für die automatische Steuerung von Raumheizungen entwickelt. Die Steuerung kann entweder durch einfaches Ein- und Ausschalten oder auch durch eine echte, proportional wirkende Regelung geschehen. *Bild 2* zeigt eine typische Anwendungsschaltung; der Thermistor TH 1 besitzt einen negativen Temperatur-Koeffizienten. Mit VR 1 läßt sich die gewünschte Raumtemperatur im Bereich 5 °C bis 35 °C einstellen. Wenn eine proportionale Regelung nicht erwünscht ist, muß der Widerstand R 2 entfernt und Pin 15 mit Pin 11 verbunden werden. An Pin 6 kann z. B. eine LED angeschlossen werden, um den Schaltzustand anzuzeigen.

Bild 3 zeigt schließlich eine Applikationsschaltung für die IS SL 446, ein 8-Pin-DIL-Typ zur Ansteuerung von Triacs mit ohmscher Last. Sie eignet sich für Zentralheizungen, Waschmaschinen-Heizwendeln, Bügeleisen und ähnliche Anwendungen. In der Schaltung dient TH 1 als Temperaturfühler mit negativem Temperaturkoeffizienten. Die IS besitzt ein Schaltverhalten mit etwa 25 mV Hysterese, was hier einer Temperaturänderung von 0,25 °C entspricht.

Brian Dance

Bild 2. ▶ Raumtemperatur-Regelung mit der Nullspannungsschalter-IS SL 445



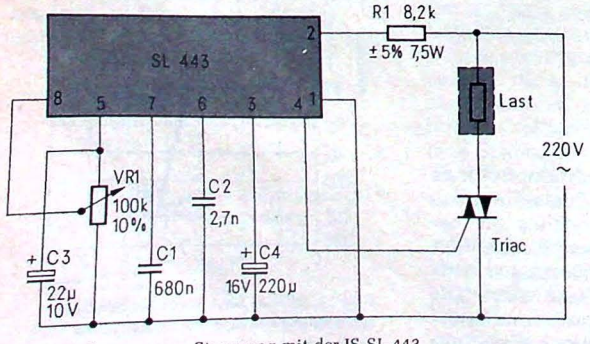


Bild 1. Nullspannungs-Steuerung mit der IS SL 443

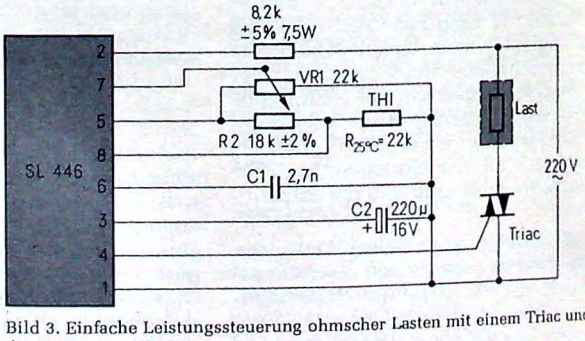


Bild 3. Einfache Leistungssteuerung ohmscher Lasten mit einem Triac und der IS SL 446

Die neuen Kopfhörer HD 420 und HD 430 von Sennheiser sind als offene Ausführungen optimiert worden und erfüllen damit die wesentlichen Bedingungen, denen ein offener Hörer genügen muß. Der HD 430 hat jedoch im Gegensatz zu dem ohraufliegenden Modell HD 420 ein ohrumfassendes Polster. Dadurch konnte der Tragekomfort noch weiter verbessert werden, ohne die akustisch optimal offene Funktionsweise zu beeinträchtigen.

Dipl.-Ing. Volker Rhenius

„Optimal offene" Kopfhörer

Einleitung

Der offene Kopfhörer HD 414 von Sennheiser, der vor rund zehn Jahren entstand, hat einen richtungsweisenden Einfluß auf die Entwicklung der Hi-Fi-Hörer ausgeübt. Bis zu jenem Zeitpunkt gab es nur geschlossene Kopfhörer. Diese Hörer, die auch heute noch angeboten werden, schirmen durch eine meist ohrumschließende, dichte Muschel das Ohr von den Geräuschen der Umgebung ab. Diese Muschel, die ein geschlossenes Volumen vor dem Ohr bildet, verändert jedoch den gewohnten Höreindruck. Einfache Versuche zeigen, wie empfindlich das Ohr auf Veränderungen im Bereich der Ohrmuschel reagiert: Nähert man zum Beispiel die Handflächen von beiden Seiten den Ohren, so empfindet man ein ungewohntes und manchmal sogar unangenehmes Gefühl. Stülpt man sich gar einen Hohlraum über die Ohren, so wird dieser neue Höreindruck von vielen Personen als verfälschend empfunden. Nur dadurch, daß die Muschel des geschlossenen Kopfhörers akustisch stark gedämpft wird, kann man Veränderungen des vom Hörer erzeugten Klangbildes, die unter anderem auch durch Resonanzerscheinungen bewirkt werden, in gewissem Maße unterbinden. Der Höreindruck bleibt jedoch anders, als man es gewohnt ist, weil das Ohr eben von einer Druckkammer umgeben ist. Bei der Bewertung dieses Eindrucks spielt die Frage des persönlichen Geschmacks eine wesentliche Rolle.

Der obengenannte offene Kopfhörer HD 414 leitete die Ära des sogenannten „offenen Hörens" ein. Der Kopfhörer dichtet nun nicht mehr den Raum vor dem Ohr von der Umgebung ab und bildet somit auch keine Druckkammer. Das Ohr kann daher durch den Hörer hindurch und an ihm vorbei hören, wobei allerdings auch hier Störungen des Klangbildes infolge ungünstiger Konstruktionen auftreten können. Nur gute offene Hörer bieten den Vorteil, all diese verfälschenden Einflüsse zu vermeiden und sich so an das Ohr anzukoppeln, daß ein mit dem Kopfhörer

Bild 1. Offener dynamischer Kopfhörer HD 420

gehörtes Schallereignis in hohem Maße dem natürlichen Hören entspricht.

Daß man den Gedanken des „offenen Hörens" aber noch weiter kultivieren kann, beweist die Neueinführung der Typen HD 420 (*Bild 1*) und HD 430 (*Bild 2*). Im folgenden ist gezeigt, wie bei diesen Neuentwicklungen die konsequente Erfüllung der akustischen Forderungen zu einer „optimal offenen" Bauweise und damit zu einem weitgehend natürlichen Hörerlebnis führt.

Aufbau eines offenen Kopfhörers

Ein offener Kopfhörer ist, wie aus dem Namen hervorgeht, so aufgebaut, daß das äußere Schallfeld an das Innere des Hörers angekoppelt ist. Die einzelnen Schallwege sind in *Bild 3* dargestellt.

Die Membran mit der Federung F_0 und der Dämpfung R_0 sowie die Schwingspule mit der Masse M_0, die sich wie ein mechanischer Schwingkreis verhalten, stellen die beweglichen Elemente des Kopfhörersystems dar. Der Raum F_2 zwischen der Membran und dem Ohr steht mit der Außenluft über die Masse M_2 und dem Widerstand R_2 in Verbindung. Ist R_2 sehr hochohmig, so wird die Membran im wesentlichen durch das Volumen F_2 belastet. Dieser Fall entspricht der Funktion des geschlossenen Hörers.

Beim offenen Hörer führt dagegen ein niederohmiger Widerstand R_2 zum Raum außerhalb des Kopfhörers. Damit wird auch die Membranbelastung niederohmig. Es ist bekannt, daß eine niederohmige Last zweckmäßigerweise auch von einer niederohmigen Quelle gespeist werden soll. Um die akustische Impedanz der Membran niederohmig zu halten, muß sie einmal auf ihrer Rückseite, durch R_1 dargestellt, niederohmig, zum anderen tief abgestimmt sein.

Eine schwere Schwingspule würde zwar diese Tiefabstimmung bewirken, jedoch würde dann gleichzeitig das Impulsverhalten des Hörers verschlechtert werden. Der einzig gangbare Weg besteht darin, einmal die Masse der Schwingspule extrem gering zu halten, zum anderen die Federsteife der Membran so weit zu verringern, bis die gewünschte Tiefabstimmung erreicht ist.

Bild 2. Offener dynamischer Kopfhörer HD 430 mit ohrumfassendem Polster

Dipl.-Ing. Volker Rhenius (33), Studium der Nachrichtentechnik (mit Elektroakustik) an der TU Hannover. Seit 1974 Mitarbeiter der Fa. Sennheiser electronic. Seit 1977 Laborleiter. Arbeitsgebiet: dynamische Wandler.

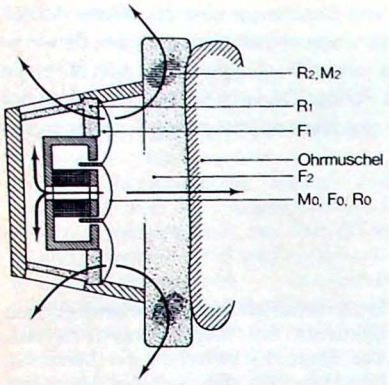


Bild 3. Prinzipieller Aufbau eines offenen Kopfhörers

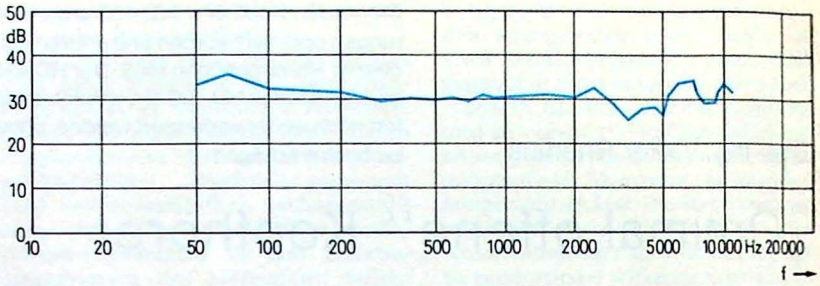


Bild 6. Freifeldübertragungsmaß des HD 420 (gemessen nach DIN 45 619)

Erfüllung der akustischen Forderungen

Diese Tiefabstimmung erfordert besondere Maßnahmen, da die Membran sehr große Hübe machen muß, um tiefe Frequenzen sauber abstrahlen zu können. Aus diesem Grunde haben die Membranen der beiden neuen Hörer HD 420 und HD 430 Sternsicken, welche tangential im Bereich der Schwingspule enden. Bei der Bewegung bleibt dadurch die Oberfläche der Membran formstabil, und die gefürchteten Einknickungen, die zu hohem Klirrfaktor führen, können nicht auftreten.

Die anfangs genannten Verfälschungen des Hörempfindens konnten dadurch verhindert werden, daß der störende Abschattungseffekt am Ohr durch ein Minimum an festem Material unterbunden wird. Die dem Ohrbereich gegenüberliegende Fläche des Hörers ist deshalb sehr stark durchbrochen und dadurch schalldurchlässig.

Die Forderungen nach hoher Schalldurchlässigkeit einerseits und geringer Spulenmasse andererseits haben dazu geführt, daß für die neuen Kopfhörer auch ein neues Magnetsystem entwikkelt werden mußte. Um auf extrem kleinem Raum eine hohe magnetische Energie sicherzustellen, wurde das aus der Uhrenindustrie bereits bekannte Magnetmaterial Samarium-Kobalt eingesetzt. Dadurch gelang es, akustische Verbesserung zu erreichen, ohne den hohen Wirkungsgrad zu verringern.

Das „optimal offene" Prinzip

Aus Bild 3 kann man entnehmen, daß das Volumen mit der Federung F_2 über die Masse M_2 und den Widerstand R_2 eine Verbindung zur äußeren Umgebung des Hörers hat. Diese akustischen Elemente stellen einen Resonanzkreis dar, der als Helmholtzresonator wirkt und zu störenden Resonanzerscheinungen führen kann. Um aber ein nicht verfälschtes Klangbild wiedergeben zu können, ist es erforderlich diese Resonanz zu bedämpfen. In der Regel wird die Bedämpfung in denjenigen Teil des Kopfhörers gelegt, der den Abstand zwischen Membran und Ohr bewirkt, also in das Polster.

Die optimale Abstimmung der neuen Hörer besteht nun darin, daß dieses Dämpfungsmaterial so ausgesucht ist, daß neben der Bedämpfung der Helmholtzresonanz gleichzeitig eine Anpassung an die Impedanz des äußeren Schallfeldes erfolgt. Dadurch werden Reflexionen infolge von Impedanzsprüngen weitgehend unterdrückt. Ferner wird das Dämpfungsmaterial so angebracht, daß der Wert des Dämpfungswiderstandes nicht davon abhängt, wie stark der Hörer an das Ohr gedrückt wird. Die Optimierung, die vom Hersteller durchgeführt wird, bleibt somit unabhängig von der Kopfbreite der verschiedenen Personen erhalten.

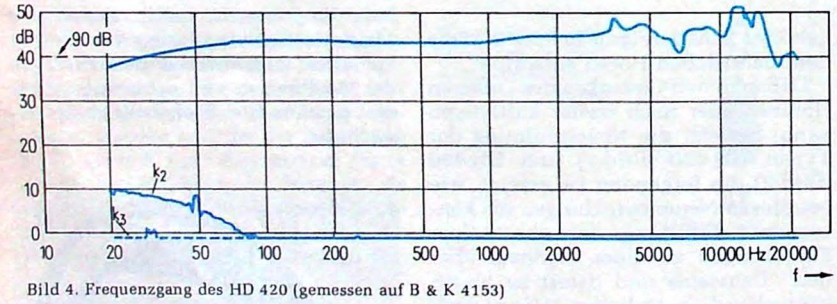


Bild 4. Frequenzgang des HD 420 (gemessen auf B & K 4153)

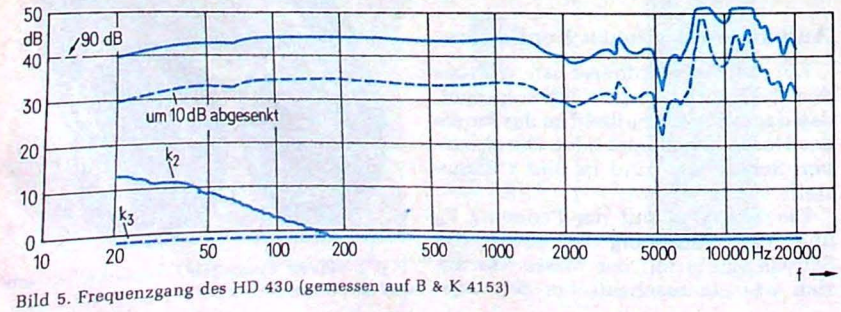


Bild 5. Frequenzgang des HD 430 (gemessen auf B & K 4153)

Die Frequenzgänge der neuen Kopfhörer

Die bei der Aufnahme der Frequenzgänge von Kopfhörern angewendeten beiden Meßverfahren, nämlich die Kupplermessung mit einem künstlichen Ohr und die Freifeldmessung, zeigen bei offenen Hörern ähnliche Ergebnisse. Treten also zum Beispiel beim Kupplerfrequenzgang breitbandige Pegelabsenkungen auf, so sind diese in der Regel auch im Freifeld zu messen.

In *Bild 4* und 5 ist neben dem Kupplerfrequenzgang auch der Verlauf des Klirrfaktors dargestellt. Dabei hat die erste Oberwelle k_3 einen mit steigenden

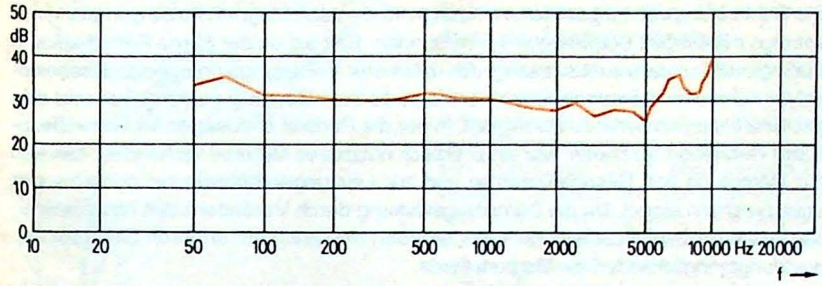


Bild 7. Freifeldübertragungsmaß des HD 430 (gemessen nach DIN 45 619)

Frequenzen fallenden Verlauf, wie es bei dynamischen Hörern üblich ist. Die zweite Oberwelle k_3 beträgt bei 100 Hz etwa 0,2 %. Beim HD 430 wurde der Frequenzverlauf mit 10 dB Absenkung wiederholt (gestrichelte Kurve in Bild 5), um die Pegelanhebung bei 8 kHz zu zeigen. Die Kurven für k_2 und k_3 beziehen sich auf den oberen, durchzogenen Frequenzverlauf. Bekanntlich darf der Klirrfaktor für Hi-Fi-Kopfhörer nach DIN 45 500 bei 100 Hz maximal 1 % betragen. Die abgebildeten Kurven zeigen, daß beide Kopfhörer diese Bedingung sehr gut erfüllen.

Aus den Messungen des Freifeldübertragungsmaßes (*Bild 6* und *7*) kann man die gewollte leichte Absenkung des Pegels zwischen 2 kHz und 5 kHz erkennen. Neuere Erkenntnisse haben nämlich gezeigt, daß Absenkungen in diesem Frequenzbereich das Klangbild weiträumiger und durchsichtiger zeichnen. Die entsprechende Anhebung oberhalb von 6 kHz bewirkt die Klarheit und Präsenz des Hörerlebnisses.

Im internationalen Standard (ISO 454) ist der Zusammenhang zwischen Schalldruck im freien und im diffusen Schallfeld definiert worden. Aus der entsprechenden Kurve geht hervor, daß der Frequenzgang des Freifeldübertragungsmaßes zwischen 100 und 1000 Hz leicht angehoben, zwischen 2 kHz und 5 kHz abgesenkt und zwischen 5 kHz und 10 kHz wieder angehoben werden muß, um die wahren Verhältnisse im diffusen Schallfeld wiederzugeben. Wendet man diese Erkenntnisse auf die neuen Hörer HD 420 und HD 430 an, so erhält man nahezu geradlinige Diffusfeldübertragungsmaße. Das bedeutet, daß das Hörerlebnis dem natürlichen Hören angepaßt ist, weil man es ja gewohnt ist, diffus zu hören. In jedem Wohnzimmer erfolgen Reflexionen des Schalls von den Wänden, so daß immer erhebliche diffuse Schallanteile neben dem Direktschall auftreten.

Das Buch zur High-Fidelity

Dem potentiellen Käufer einer Hi-Fi-Anlage Entscheidungshilfen zu geben, ist keine einfache Aufgabe. Sie wird jedoch dann besonders schwierig, wenn es um Lautsprecher geht, da bei ihnen eindrucksvolle Daten wenig über den produzierten Klang aussagen. Hier versucht die Broschüre *„XYZ – das Letzte über HiFi"* Urteilsmöglichkeiten über die letzte Komponente in der Übertragungskette zu vermitteln, wobei nicht nur auf die Schallerzeugung und die Wirkung von Schallereignissen auf das menschliche Ohr eingegangen wird, sondern auch auf die Einflüsse des Hörraums und die richtige Aufstellung von Lautsprecherboxen in der eigenen Wohnung. Die Schrift ist gegen eine Schutzgebühr bei Summit zu erhalten. Th

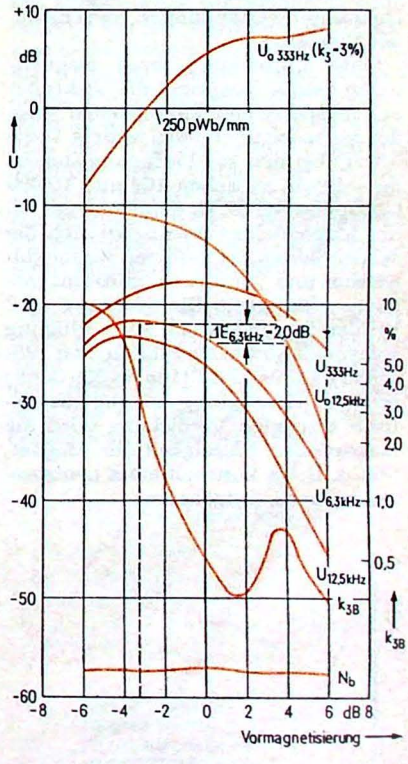
Neue Tonbänder für Compact-Cassetten

Bereits seit mehreren Jahren werden Grand-Master-Tonbänder der Serien 356 und 357 von Ampex in professionellen Tonstudios eingesetzt. Jetzt brachte der Hersteller mit der Bezeichnung Grand Master 365 ein Tonband auf den Markt, das die gleiche Magnetbeschichtung wie die Studiotonbänder aufweist und als Kassettentonband sowie auf 18-cm- und 26,5-cm-Spulen (mit 6,3 mm Breite) erhältlich sein wird. Das Gehäuse der Compact-Cassette wird vollständig bei Ampex gefertigt. Das Besondere an der Konfektionierung: Ein Reinigungs-Vorlaufband säubert den Tonkopf bei jedem Durchlauf.

In der Compact-Cassetten-Version soll das Grand Master 365 mit der Vormagnetisierung „normal" (LH-Eisenoxidband) und mit 120 µs Entzerrung betrieben werden.

Das *Bild* zeigt die Parameter des neuen Bandes in der CC-Konfektionierung. Die maximale Aussteuerbarkeit $U_{o\ 333\ Hz}$ erreicht im empfohlenen Arbeitspunkt einen Wert von 5,5 dB über dem DIN-Bezugspegel (bei k_3 = 3 %), die Aussteuerbarkeit $U_{12,5\ kHz}$ – 14 dB bezogen auf DIN-Pegel). Die Ruhegeräuschspannung liegt bei – 58,5 dB. Die relative Empfindlichkeit ist in den Kurven $U_{633\ Hz}$, $U_{6,3\ kHz}$ und $U_{12,5\ kHz}$ dargestellt.

Alle Angaben beziehen sich auf eine Bandgeschwindigkeit von 4,78 cm/s, eine Spurbreite von 0,61 mm, eine Aufsprechkopf-Spaltbreite von 4 µm und die Zeitkonstanten 120 + 1590 µs für die Wiedergabeentzerrung.



Die Parameter des neuen Tonbandes Grand Master 365 von Ampex für Compact-Cassetten. $U_{o\,333\,Hz}$ = maximaler Pegel bei 333 Hz (k_3 = 3 %); $U_{o\,12,5\,kHz}$ = maximaler (Sättigungs-)Pegel bei 12,5 kHz; $U_{333\,Hz}$, $U_{6,3\,kHz}$ und $U_{12,5\,kHz}$ = Empfindlichkeit bei 333 Hz, 6,3 kHz bzw. 12,5 kHz; k_{3B} = Klirrfaktor für die Aussteuerung auf Bezugspegel; N_b = Ruhegeräuschspannungsabstand bezogen auf 250 pWb/mm; $E_{6,3\,kHz}$ = Empfindlichkeitsabnahme um 2 dB zur Festlegung des Arbeitspunktes

Die Entwicklung von magnetischen Flüssigkeiten – auch Magnetofluide genannt – war anfangs mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Erst als es der Firma Ferrofluidics in Burlington/Massachussetts gelang, das in feinster Verteilung vorliegende Eisenoxidpulver mit einem monomolekularen unmagnetischen Überzug zu versehen und eine geeignete suspendierende Flüssigkeit, in der die Partikel sozusagen im Schwebezustand verbleiben, zu finden, war ein praktisch nutzbares Material vorhanden, das sich zur Dämpfung von Resonanzspitzen und zur Leistungserhöhung bei dynamischen Lautsprechern eignet. Da die Dämpfungswirkung durch Verändern des umgebenden Magnetfeldes beeinflußt werden kann, ergeben sich auch auf anderen Gebieten Anwendungsmöglichkeiten für Magnetofluide.

Dr.-Ing. Gerhard Hennig

Was sind magnetische Flüssigkeiten?

Unter der Bezeichnung Ferrofluidics wurde vor mehr als 10 Jahren ein kolloidales (in feinster Verteilung befindliches) Eisenoxid (Fe_3O_4) mit annähernd kugeliger Teilchenform entwickelt, welches in geeigneten Flüssigkeiten suspendiert (aufgeschwemmt) ist. Die durchschnittliche Größe der Teilchen beträgt etwa 10 nm. Zur Suspension eignen sich vor allem Diester und Fluorkohlenstoffe, d. h. organische chemische Verbindungen verschiedener Viskosität.

Ohne Einwirkung eines magnetischen Feldes entspricht die Viskosität der magnetischen Flüssigkeiten etwa der des suspendierenden Mittels. Diese beträgt bei den zur Verfügung stehenden Mitteln zwischen 100 und 10 000 Centipoise bei 27 °C. Beim Anlegen eines Magnetfeldes orientieren sich die suspendierten, superfeinen Eisenoxidteilchen und „verdicken" so die magnetische Flüssigkeit. Die Sättigung wird bei den verschiedenen, zur Verfügung stehenden Sorten bei Flußdichten zwischen 0,01 bis 0,02 T (100 bis 200 Gauß) erreicht. Gleichzeitig mit der magnetisch erzeugten Verdickung wird die magnetische Flüssigkeit im Magnetfeld, z. B. im Luftspalt eines Lautsprechersystems, festgehalten.

Während sich die Viskosität des suspendierenden Mittels, z. B. die des Diesters, mit steigender Temperatur stark verändert, bleibt die magnetisch bewirkte Verdickung hinreichend konstant. Dies ist in *Bild 1* und *Bild 2* dargestellt. Um ein Zusammenbacken der feinen magnetischen Teilchen zu vermeiden, sind diese noch mit einen monomolekularen Überzug versehen (*Bild 3*).

Magnetische Flüssigkeiten haben bisher ihre Hauptanwendung für die verschiedensten Dichtungsaufgaben, insbesondere für Hochvakuumdichtungen gefunden und sich dabei hervorragend bewährt. Hier soll ausschließlich ihr Einsatz im Lautsprecherbau, der eine sehr komplexe Aufgabe darstellt, erörtert werden. Zunächst einmal muß gefordert werden, daß sich auch bei langjähriger Gebrauchsdauer keine wesentlichen Veränderungen der Eigenschaften ergeben. Dies ist bei Diester als Basis der Fall, wenn Temperaturen von 105 °C nicht überschritten werden und wenn im Lautsprechersystem dafür gesorgt wird, daß nicht durch eine unerwünschte Pumpwirkung die magnetische Flüssigkeit aus dem Luftspalt herausbefördert wird.

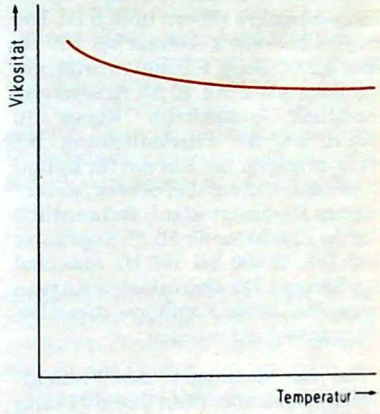
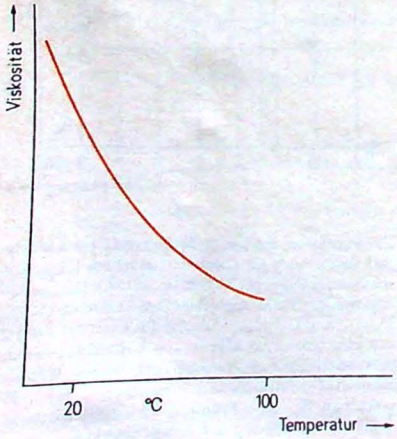


Bild 2. Viskosität bzw. magnetisches Moment von Diester mit gesättigten magnetischen Teilchen in Abhängigkeit von der Temperatur

Was kann am dynamischen Lautsprecher durch magnetische Flüssigkeiten verbessert werden?

Magnetische Flüssigkeiten beeinflussen in mehrfacher Weise das Verhalten und damit auch die Konstruktion von dynamischen Lautsprechern. Man kann mit ihnen erreichen:

– Dämpfung unerwünschter Resonanzspitzen,



◄ Bild 1. Viskosität von reinem Diester in Abhängigkeit von der Temperatur

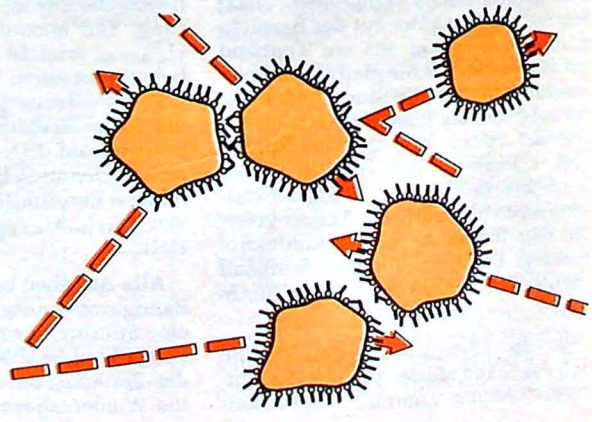


Bild 3. ► Ein monomolekularer Überzug der Teilchen verhindert das Zusammenbacken nach Wegnahme des magnetischen Feldes

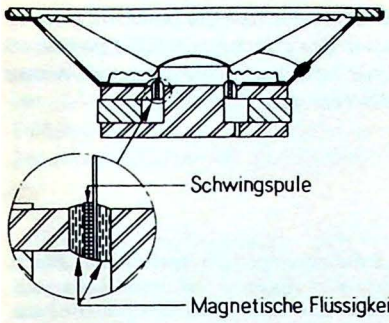


Bild 4. Schnitt durch einen dynamischen Lautsprecher mit magnetischer Flüssigkeit im Luftspalt

- Verbesserung der Wärmeableitung von der Schwingspule,
- Leistungssteigerung um den Faktor 2...6 oder Verkleinerung von Lautsprechersystem und Schwingspule,
- Verminderung nicht-axialer Schwingspulenbewegungen,
- Vereinfachung oder sogar Wegfall der Spulenzentrierung,
- Kosteneinsparungen beim Verstärker und bei der Frequenzweiche.

Bild 4 stellt einen Schnitt durch einen typischen Lautsprecher dar, bei dem der Luftspalt mit magnetischer Flüssigkeit gefüllt ist. *Bild 5* zeigt die Frequenzkurve eines Hochtonsystems ohne bzw. mit magnetischer Flüssigkeit im Spalt. Man erkennt deutlich den Wegfall der Resonanzspitze bei etwa 2000 Hz. Hierbei sind Menge und Viskosität der gewählten Flüssigkeit wichtig. Die Verbesserung der Wärmeabfuhr bzw. die mögliche Leistungserhöhung durch magnetische Flüssigkeiten ist in *Bild 6* zu erkennen.

Voraussetzungen für die Anwendung im Lautsprecherbau

Das simple Einträufeln von einigen Tropfen magnetischer Flüssigkeit in den Luftspalt beliebiger Lautsprecher ergibt die oben gezeigten Verbesserungen allerdings nicht ohne weiteres, sondern es sind bei der Anwendung eine Reihe von Faktoren zu beachten, wenn Fehlschläge und Enttäuschungen vermieden werden sollen.

Zunächst einmal muß der Schwingspulenträger aus Metall (Aluminium) hergestellt sein, denn Papier, Hartpapier oder Kunststoff würden ein Aufsaugen und/oder chemische Reaktionen mit dem Diester bewirken. Der Klebstoff, der den Schwingspulenträger mit der Membran verbindet, muß ebenfalls in Diester unlöslich sein. Geeignet sind Epoxidharz und Mylar-Kleber, ungeeignet sind alle Kleber auf Gummibasis. Der Schwingspulendraht muß mit chemisch beständigen Einbrennlacken isoliert sein. Sogenannte „Lötdrähte" mit Polyurethanisolation sind nicht verwendbar.

Um das oben erwähnte „Herauspumpen" der magnetischen Flüssigkeit aus dem Luftspalt zu verhindern, ist u.U. eine besondere Ventilation im Magnetsystem des Lautsprechers oder in der Staubschutzkappe der Schwingspule anzubringen. Eine solche Ventilation verändert natürlich die Dämpfungseigenschaften und das Frequenzverhalten. Das gesamte Lautsprechersystem muß somit von vornherein sorgfältig auf die Verwendung magnetischer Flüssigkeiten richtiger Viskosität abgestimmt sein.

Wirtschaftliche Vorteile

Neben den möglichen technischen Vorteilen muß auch die Wirtschaftlichkeit beim Einsatz magnetischer Flüssigkeiten im Lautsprecherbau erörtert werden. Auf den Liter bezogen scheinen zunächst diese Flüssigkeiten außerordentlich teuer zu sein. Selbst bei Abnahme größerer Mengen kostet ein Liter immer noch etwa 700 DM. Da aber pro Lautsprecher nur wenige Tropfen benötigt werden, ergibt sich an Zusatzkosten pro System nur ein Betrag 0,05 bis 0,09 DM. Diese Kosten werden durch die oben erwähnten Vorteile mehr als aufgewogen, wobei insbesondere die Kosteneinsparung durch die mögliche Verwendung kleinerer Systeme für gleiche Leistung sowie die Einsparungen an der Frequenzweiche ein Vielfaches der Kosten der magnetischen Flüssigkeit betragen.

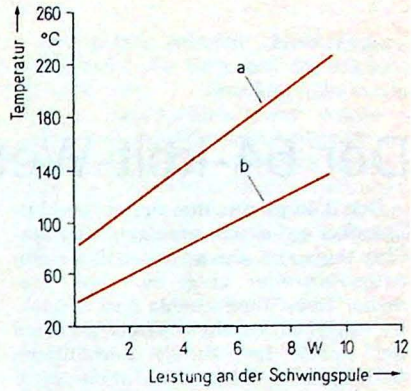


Bild 6. Temperaturerhöhung der Schwingspule und Leistung ohne (a) bzw. mit magnetischer Flüssigkeit (b)

Bei der Entwicklung von Lautsprechern mit magnetischen Flüssigkeiten sollte unbedingt auf die Erfahrungen des Herstellers zurückgegriffen werden. Nur so lassen sich kostspielige Fehlentwicklungen vermeiden.

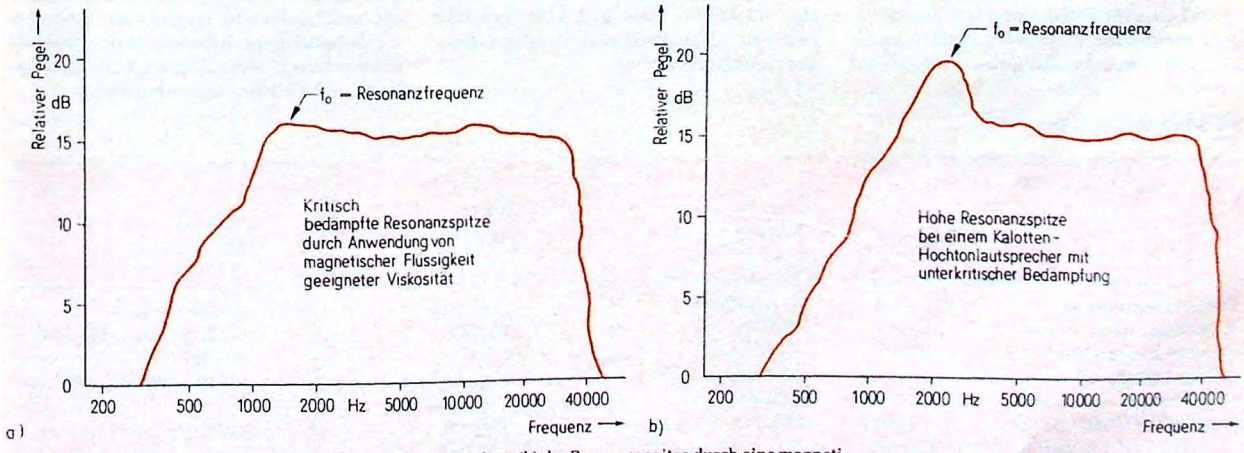


Bild 5. Hochton-Kalottenlautsprecher ohne (a) und mit Dämpfung (b) der Resonanzspitze durch eine magnetische Flüssigkeit

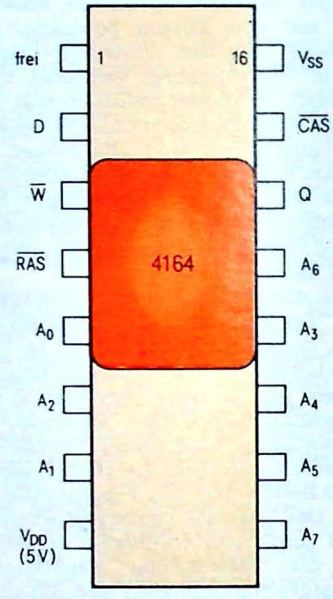
Wenn Sie sich das Titelbild dieses Heftes ansehen, erkennen Sie bestimmt nicht auf den ersten Blick, worum es sich handelt: um einen dynamischen 64-kbit-Speicher mit wahlfreiem Zugriff, auch Lese-Schreib-Speicher oder kurz RAM (Random Access Memory) genannt; ein Musterbeispiel der VLSI-Technik.

Der 64-kbit-Wettlauf

Den Kampf um den ersten 64-kbit-Speicher auf einem einzigen Silizium-Chip tragen im wesentlichen drei Halbleiter-Hersteller unter sich aus: Siemens, Texas Instruments und Mostek. Im Augenblick sieht es so aus, als käme der erste im Handel erhältliche 64-K-Chip von Texas Instruments, doch gibt man sich auch bei Siemens redlich Mühe, mit der Zusage von Muster-Lieferterminen nicht hinter diesem Konkurrenten zurückzustehen.

Die Hersteller verwenden unterschiedliche Technologien zur Fertigung des Super-RAM; Siemens schwört auf die VMOS-Technologie, die durch die vertikale V-Form der einzelnen Speichertransistoren eine bessere Ausnutzung der Chip-Fläche ermöglicht. Leider führt dies zu der etwas unhandlichen Stromversorgung von + 8 V und −2 V, Spannungen, die in Mikrocomputer-Systemen nur selten anzutreffen sind. Die Speicher von Texas Instruments und Mostek kommen dagegen mit einer einzigen Versorgungsspannung aus, nämlich mit + 5 V, die sich in der Digital- und Mikrocomputer-Technik allgemein durchgesetzt hat – schließlich bezeichnet selbst Siemens die einzige 5-V-Versorgung des Mikroprozessors 8085 gegenüber seinem Vorläufer 8080 als einen Hauptvorteil.

Alle Hersteller haben sich auf ein Dual-In-Line-Gehäuse mit gleicher Anschlußbelegung der nur 16 Pins geeinigt – mit einer Ausnahme: Pin 1 ist noch nicht einheitlich belegt, weil ja nur Siemens zwei Versorgungsspannungen und damit einen Pin mehr benötigt. Dieser Pin 1 kann bei Texas Instruments und Mostek für andere, noch zu definierende Aufgaben eingesetzt werden. 64 kbit klingt recht hoch – doch für einen Mikrocomputer sind 64 kbit noch keineswegs viel. Denn schließlich spricht der Mikroprozessor nicht einzelne Bits, sondern – meist 8 bit lange – Bytes, Datenworte, an. Grob gerechnet, läßt sich mit 64 kbit bzw. 8



Anschlußbelegung des 64-kbit-Speichers TMS 4146

kByte etwa der Text von fünf Schreibmaschinenseiten oder einer vollständig beschriebenen FUNKSCHAU-Seite speichern. Die Adressierfähigkeit üblicher 8-bit-Mikrocomputer mit 16 Adressenleitungen beträgt 2^{16} Byte, also 64 kByte oder 512 kbit; bei den neueren 16-bit-Prozessoren liegt sie sogar noch weit höher.

Erfahrungsgemäß spricht der Markt nur recht zögernd auf neue, höherintegrierte Speicher-IS an. Noch heute kann man 1-kbit-Speicher (z. B. den Typ 2102) praktisch als Standard ansehen, und während sogar 16-kbit-Chips schon zu durchaus vernünftigen Preisen erhältlich sind, erfolgt erst allmählich ein Übergang auf 4-kbit-Speicher.

Und selbst wenn nun 64-kbit-Chips von mehreren Firmen angekündigt sind, muß man die genannten Liefertermine für erste Muster noch mit Vorsicht betrachten. Es ist kein Geheimnis, daß die von den meisten Kunden nun einmal geforderte Betriebs-Zuverlässigkeit (Reliability) nicht innerhalb eines Monats beweisbar ist. Ein Grund dafür ist auch die Verwendung neuer Technologien, wie VMOS bei Siemens und „Scaled Poly IV" bei Mostek.

Mit den 64-kbit-Speichern dürfte die Leistungsfähigkeit der Fotomasken-Technik zur Herstellung von Ätzvorlagen für den Silizium-Chip nahezu erschöpft sein. Weitere Verbesserungen des Integrationsgrades sind schließlich noch durch Anwendung der Elektronenstrahl-Lithografie möglich, die heute bereits angewandt wird: Die Programm-Moduln für die programmierbaren Taschenrechner TI-58 und TI-59 entstanden mit dieser Technik.

Das *Bild* zeigt übrigens die Anschlußbelegung des Typs TMS 4164 von Texas Instruments. Er besitzt nur eine Datenleitung, da er 64 K x 1 bit organisiert ist, und acht Adreßleitungen, die wechselweise das höher- und das niederwertigere Adressenwort (je 8 bit) übernehmen. Erst dadurch ist es möglich, mit 16 Pins auszukommen.

64-kbit-RAM-Speicher

	Siemens	Texas Instruments TMS 4164 JL	Mostek MK 4164
Speicherprinzip	dynamisch	dynamisch	dynamisch
Technologie	VMOS	NMOS	NMOS/Scaled Poly IV
Betr.-Spannung	−2 V, +8 V	+5 V	+5 V
Zugriffszeit	200 ns	100...150 ns	80 ns, 100 ns, 150 ns
Zykluszeit	350 ns	200...250 ns	?
Gehäuse, Pins	DIL, 16	DIL, 16	DIL, 16
Preis (1 St.)	?	320 DM	?
Muster-Lieferung ab	1 Qu. '79	1. Qu. '79	2. Qu. '79

Der kleine Unterschied: Die FTZ-Nummer

Spöttische Anmerkungen zum Amateurfunk-Selbstbau

Manchmal entsteht der Eindruck, Amateurfunk sei eigentlich kein technisches Hobby mehr – etwa so wenig wie Autofahren oder Telefonieren. Kein Wunder: Geräte für dieses ehemalige Pionier-Hobby sind fix und fertig zu Preisen zu haben, die oft den Selbstbau uninteressant machen, und es wird immer schwieriger für den Amateur, mit Selbstbau-Geräten den gestiegenen Anforderungen gerecht zu werden.

Wodurch unterscheidet sich der Amateurfunk vom mittlerweile zahlenmäßig weit verbreiteten CB-Funk? Sicher nicht zuletzt durch den Umfang der zugestandenen Frequenzbereiche – aber, und das ist nicht minder wesentlich: Amateurfunkgeräte brauchen keine FTZ-Prüfnummer und dürfen sogar selbstgebaut werden!

Das soll nun nicht heißen, daß Amateurfunkgeräte beliebig viel Störstrahlung produzieren dürfen; nur werden sie erst dann von der Fernmeldebehörde überprüft, wenn bereits eine Störungsmeldung vorliegt. Das ist sicher eine durchaus sinnvolle Regelung, denn nach wie vor soll ja der Selbstbau von Amateurfunkgeräten möglich sein; eine Prüfung jedes einzelnen Geräts beim FTZ aber ist indiskutabel.

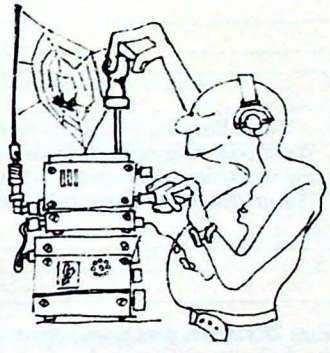
Aber stellen Sie sich bitte einmal vor, jeder Führerscheinbesitzer dürfte sich sein Gefährt selbst bauen und müßte erst dann zum TÜV, wenn ihm damit ein Unfall passiert...

Sicher ein bösartiger Vergleich. Der Schreiber dieser Zeilen muß an dieser Stelle zu seiner Rechtfertigung betonen, selbst ein leidenschaftlicher Verfechter der Selbstbau-Ideologie zu sein. Man sollte aber nicht vergessen, daß auch zum Bau eines Funkgerätes, und sei es noch so klein, etwas Erfahrung, aber auch einiges an Meßmitteln gehört.

Schließlich gibt es kein Funkgerät, das auch bei falschem Abgleich die Einhaltung postalischer Störstrahlungs-Grenzwerte garantiert. Das gilt sowohl für Bauanleitungen (wir beglückten unsere amateurfunkenden Leser schon öfter mit solchen) als auch für anschlußfertig erworbene und nachträglich „abgeglichene" Geräte, für Amateurfunkgeräte wie für CB-Geräte; nur ist dies bei letzteren illegal, bei ersteren gehört es zum guten Ton.

Und genau hier beginnt das Problem. Denn während diejenigen Amateure, die in weiser Selbsteinschätzung die Finger von Lötkolben und Abgleichstift lassen, von manchen ihrer technisch versierten Kollegen hochnäsig als „Steckdosenamateure" bezeichnet werden, glauben andere, nachdem sie mit Erfolg die kalten Lötstellen ihres Erstlingswerkes gefunden haben, den Abgleich eines 2-m-Senders mit dem nassen Finger und der beim Wickeln einer Entstördrossel für eine Lichtorgel gewonnenen hf-technischen Erfahrung durchführen zu können.

Der Schwierigkeitsgrad der Amateurfunk-Lizenzprüfung reicht zwar aus, um gewisse Kenntnisse in der betrieblichen Abwicklung von Funkverbindungen sicherzustellen, er kann aber unmöglich garantieren, daß der frischgebackene Amateur, sollte er sich seine „Funke" selbst bauen, sein Produkt ohne schlechtes Gewissen an einen Spektrumanalysator oder ähnlich „enthüllende" Meßgeräte anschließen kann. Gerade die C-Lizenz (wie sie der Verfasser besitzt...) läßt sich mit bloßem Auswendiglernen von in einem Heftchen zusammengefaßten Prüfungsfragen und -antworten erlangen; die „Hürde" Telegrafie entfällt. (Das Heftchen trägt den Titel „Fragen und Antworten für die fachliche Prüfung der Funkamateure", ist bei jedem Postamt zu bestellen und enthält alle Fragen nebst Antworten, die in der Prüfung vorkommen können.)



Meßgeräte sind erstens teuer und zweitens überflüssig...

Die Lizenzprüfung ist also weit davon entfernt, jenes technische Wissen abzuverlangen, das erforderlich ist, um auch beim Selbstbau jenem vielzitierten § 12 der DVO zum Amateurfunk-Gesetz zu seinem Recht zu verhelfen: „C1) Die Amateurfunkstelle muß nach dem jeweiligen Stand der Technik errichtet sein und erhalten werden..."

Doch wie läßt sich das Selbstbau-Problem lösen? Brauchen vielleicht eines unschönen Tages auch alle Amateurfunkgeräte eine FTZ-Nummer?

Betrachten wir das „Problemchen" realistisch! Die Mehrzahl der bekanntgewordenen Empfangs-Störungen durch Amateurfunksender wurde ja nicht etwa durch Nebenaussendungen eben dieser Sender verursacht, sondern gehen auf das Konto immer noch unzureichend einstrahlfester Rundfunk- und Fernsehempfänger. So ist es jedenfalls von der Bundespost zu hören.

Und, man möchte fast sagen, zum Glück, merkt der ober- und nebenwellen-aussendende Funkamateur recht schnell, daß etwas mit seiner Station nicht stimmt; entweder weil er den eigenen Fernsehempfänger „dichtmacht" oder weil er mit seinem Gerät auch Störungen bei den benachbarten Funkamateuren verursacht. Unangenehmer ist es dagegen, wenn die Störung auf eine Frequenz fällt, die man nicht empfangen darf, etwa in den Bereich der Sicherheitsbehörden – auch das kam leider schon vor; zumindest betrachtet die Post aber endlich den Betrieb von Allwellen-Empfängern zur Kontrolle von eventuellen Nebenwellen als zulässig.

Der Deutsche Amateur-Radio-Club muß sich den Vorwurf gefallen lassen, daß er für das einmalige Privileg der Funkamateure, Sender und Empfänger frei von jeglicher Kontrolle selbst bauen zu dürfen, bisher wenig getan hat. Die technische Ausbildung der Mitglieder geht meist nur bis zu dem für die Lizenzprüfung notwendigen Stand; das Niveau der DARC-Lehrgänge orientiert sich an dem eher abgesunkenen Schwierigkeitsgrad dieser Prüfung mehr als an dem für jenes Privileg eigentlich erforderlichen Wissensstand. Mancher gute Fachaufsatz in der Club-Zeitschrift sollte darüber nicht hinwegtäuschen.

Auf der anderen Seite ist allerdings auch ein deutliches Abflauen der Selbstbaulust unter den Amateuren zu verzeichnen, zumindest was komplette Funkgeräte angeht. Kein Wunder; denn tatsächlich ist ja fast alles, was das Herz eines Funkamateurs begehrt, zu erträglichen Preisen zu haben. Falsch ist es sicher, jemanden, der sich seine Geräte „selbst gekauft" hat und vom Selbstbau Enthaltung übt, als „Steckdosenamateuer" abzuwerten. Jeder muß selbst wissen, ob er mit selbstgebauten Geräten die Forderungen einer nicht vorhandenen FTZ-Prüfung einhalten könnte. Ob ihm ohne Basteln der Amateurfunk als technisches Hobby überhaupt noch Spaß macht, ist sein ganz persönliches Problem.

Herwig Feichtinger

Tests sollten nicht übersprungen, aber auch nicht tierisch ernst genommen werden. Sie sind die „Wachmacher" im Lehrstoff. Die Intelligenz kann und soll nicht getestet werden.

Hans Werner

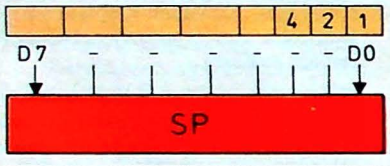
Mikrocomputer

Eine kleine Einführung

3. Teil

a) „nach K" bedeutet: Die Lösung ist unter Rubrik K zu finden.

b) „nach N" bedeutet: Wenn Sie Lösung b wählen, schlagen Sie unter N nach.



Jedem Eingang D0...D7 ist eine binäre Wertigkeit zugeordnet. Füllen Sie die freien Felder aus.
Die größte darstellbare Zahl ist...

nach K

A

Das ist leider nicht richtig. In der Digitaltechnik treten grundsätzlich nur zwei Spannungspegel auf (z.B. 0 V und 5 V). Tri-State-Ausgänge haben zwar drei Zustände, aber einer davon ist der hochohmige Zustand (Ausgänge abgeschaltet).

nach H

B

Ein KByte hat $2^{10} = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 1024$ Byte. Das sind $8 \cdot 1024 = 8192$ bit. Es waren also alle Antworten richtig.

nach D

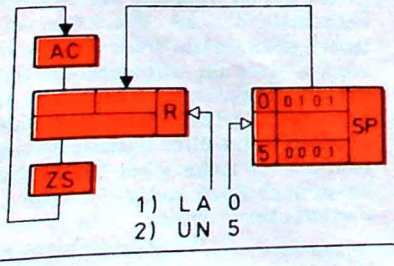
C

Ein Speicher hat 3 Adreßeingänge. Wie groß ist seine Speicherkapazität, wenn mit jeder möglichen Adreßkombination ein Byte angesprochen wird?

☐ a) weiß ich nicht
☐ b) 16 Byte
☐ c) 64 Bit

bei Lösung
a) nach I
b) nach N
c) nach S

D



Es werden nacheinander die Befehle 1) und 2) ausgeführt.

Was steht nach jedem Befehl im Akku?

☐ a) nach LA 0: 0101
nach UN 5: 0001

☐ b) nach LA 0: 0000
nach UN 5: 0001

bei Lösung

a) nach O
b) nach F

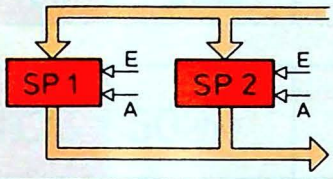
E

Sie haben etwas verwechselt. Mit dem Befehl LA 0 wird nicht die Zahl 0, sondern der Inhalt der Zelle 0 in den Akku transportiert.

nach P — F

Sehr gut, die Lösung ist richtig.

nach H — G



Dürfen beide Speicher mit dieser Impulsreihe gesteuert werden?

☐ a) Ja
☐ b) Nein

bei Lösung
a) nach M
b) nach Q

H

000	100
001	101
010	110
011	111

3 Adreßeingänge lassen $2^3 = 8$ Kombinationen zu (siehe Tabelle). Damit hat der Speicher eine Kapazität von 8 Byte = 64 bit.

nach E — I

Das war sicherlich ein Versehen. Versuchen Sie es nochmals.

nach L — J

128 64 32 16 8 4 2 1
D7 D0

Die größte darstellbare Zahl ist $1 + 2 + 4 + \ldots 128 = 255$.

nach L — K

Was sind Tri-State-Ausgänge?

☐ a) wenn z. B. die 3 Spannungspegel 0 V, 5 V, 10 V auftreten.
☐ b) wenn z. B. die 3 Zustände 0 V, 5 V, hochohmig auftreten.
☐ c) der Ausdruck wird für a) und b) benutzt.

bei Lösung
a) nach B
b) nach G
c) nach J

L

Falsch! – Die Datenausgabe erfolgt bei beiden Speichern gleichzeitig. Dann dürfen sie nicht an einen gemeinsamen Ausgabebus angeschlossen sein.

nach R — M

Das war bestimmt ein Versehen. Lesen Sie bitte die richtige Lösung.

nach I — N

Ausgezeichnet! Die Antwort ist richtig.

nach P — O

Jeder Befehl des Modellcomputers besteht aus 8 bit und teilt sich in Operationsteil (AD, SU...) und Adreßteil auf. Der Operationsteil hat 3 bit. Damit mehr als $2^3 = 8$ Befehle möglich sind, wird er um 1 bit erweitert. Die Gesamtzahl von 1 Byte bleibt erhalten. Was hat das für einen Nachteil?

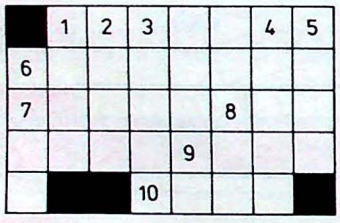
nach T — P

Richtig! Sie haben erkannt, daß die Ausgabe nicht gleichzeitig erfolgen darf.

nach R — Q

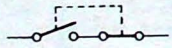
Welche Antwort ist richtig?	Ein KByte hat	☐ a) 1024 Byte ☐ b) 2^{10} Byte ☐ c) 8192 bit	nach C **R**
Sie haben recht. Es sind 8 Byte = 64 bit.			nach E **S**
Für den Adreßteil bleiben nur noch 4 bit übrig, d. h. es können nur noch 2^4 = 16 Speicherplätze adressiert werden.	Das war die letzte Aufgabe in diesem Test. Vielen Dank!		PAUSE **T**

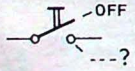
Tante Olgas Rätselecke



Senkrecht:

1 logische Verknüpfung
2 große Rechenanlage
3 ...immer Treu und Redlichkeit
4 verliert ein Speicher nach dem Auslesen seine Information?
5 Fachausdruck für die Schaltung

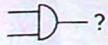


7 

8 Nein

Waagerecht:

3 1 v 1 = 1
6 von -Zyklus
7 log. Bedeutung von +
8 soll die Potenz stärken

9 

10 elektr. geladenes Teilchen

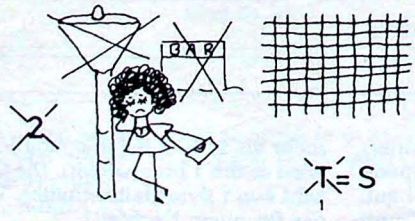
Keineswegs soll es eine Pflichtübung sein, Rätsel zu lösen.

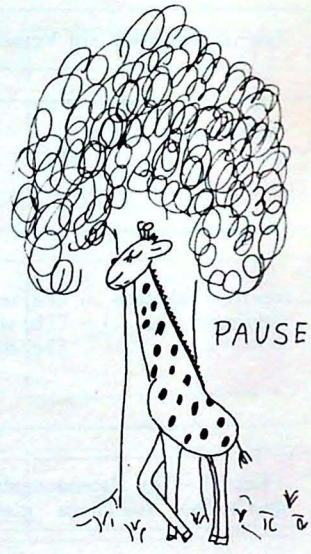
Regel: Wer will, der tut

Bemerkungen zu den Kreuzworträtseln: Die deutsche Sprache hat eine Redundanz von 66 %, d. h. sehr viele Buchstabenkombinationen ergeben kein sinnvolles Wort. Soll sich das Kreuzworträtsel noch zusätzlich auf einfache Ausdrücke der Digitaltechnik beschränken, wird es dementsprechend primitiv. Der Leser mag das entschuldigen.

Bilderrätsel

Zu erraten ist ein Fachbegriff mit 8 Buchstaben. Die Bilder symbolisieren 2 bzw. 6 Buchstaben des Wortes.





Zahlenrätsel

Die Aufgabe 1 + 2 = 11 erscheint eigenartig.

Wo liegt der Trick?

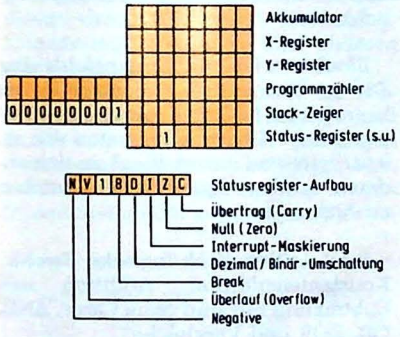
Fortsetzung folgt

µP-Portrait:

Sie finden in der FUNKSCHAU recht oft Programme für den Mikroprozessor 6502. Für diejenigen Leser, die sich mit diesem µP bisher noch nicht beschäftigt haben, bringen wir eine kurze Übersicht der wesentlichsten Eigenschaften dieses auf dem Hobbycomputer-Markt inzwischen recht verbreiteten Prozessors.

MCS 6502

Der MCS 6502 wurde von MOS Technology entwickelt; diese Firma ist mittlerweile von Commodore (PET 2001) übernommen worden. Als Zweitlieferanten fungieren derzeit Synertek und Rockwell. Der Prozessor ist das Mitglied einer ganzen Familie von µPs,



Aufbau der internen CPU-Register beim MOS 6502

zu der auch die Typen 6503, 6504, 6505 und 6506 gehören, die aber bisher weniger Verbreitung fanden.

Die 65XX-Familie ging ursprünglich durch Weiterentwicklung aus der Motorola-6800-Familie hervor. Die Entwicklungsphilosophie war dabei eine gänzlich andere als z. B. bei den Prozessoren 8080 oder Z 80, und ein Vergleich mit diesen beiden ist daher nur schwer möglich.

Das beginnt bereits bei dem internen „Timing", dem Zeitablauf. Alle Befehle werden in ganzzahligen Vielfachen der Takt-Periodendauer ausgeführt, und viele Befehle brauchen nur ebenso viele Taktzyklen, wie sie Bytes benötigen! Die CPU 6502 ist dadurch einer der schnellsten Prozessoren, die derzeit erhältlich sind, obwohl die übliche Taktfrequenz „nur" 1 MHz und maximal 2 MHz beträgt.

Das *Bild* zeigt die im Prozessor vorhandenen Register und ihre Wortlänge; addieren und subtrahieren kann man nur im Akku, und zwar – je nachdem, ob das Dezimal-Bit im Statusregister 1 oder 0 ist – im Dezimal- oder im Binärsystem. Dadurch ist der bei dem Prozessor 8080 vorhandene Befehl „Decimal Adjust" hier nicht erforderlich.

Außer für Zwischenspeicherungen können die X- und Y-Register für die besonderen Adressierungsarten des MCS 6502 verwendet werden. Diese sind:

Adressierung	*Beispiel*	*Wirkung im Beispiel*
Immediate	A 9 02	Akku wird mit dem Wert 02 geladen
Absolute	AD 00 17	Akku wird mit dem Inhalt der Zelle 1700 geladen
Zero Page	A 5 08	Akku wird mit dem Inhalt der Zelle 0008 geladen
Indirect	6C 67 02	Sprung zu der Adresse, die in den Zellen 0267 und 0268 steht
Implied	CA	X-Register um 1 erniedrigen (der Befehl enthält die Adressierung selbst)
Abs., indiziert	BD 00 02	Der Akku wird mit dem Inhalt der Adresse geladen, die sich aus der Summe der angegebenen (0200) Adresse und dem X-Register ergibt
Nach-indiziert	B1 FA	Der Akku wird mit dem Inhalt der Zelle geladen, die sich aus der in den Zellen 00FA und 00FB stehenden Adresse plus dem Inhalt des Y-Registers ergibt
Vor-indiziert	A1 12	Der Akku wird mit dem Inhalt der Zelle geladen, deren Adresse in der Zelle steht, deren Adresse sich aus der Summe von 0012 und dem X-Register ergibt (schrecklich kompliziert, nicht wahr?)
Relativ	F0 12	Wenn das Null-Flag (Z) gesetzt ist, erfolgt ein Sprung um 12 Byte nach vorn
Zero Page, indiziert	B9 40	Der Akku wird mit dem Inhalt der Zelle geladen, deren Adresse sich aus der Summe von 0040 und dem Inhalt des X-Registers ergibt

Wie man leicht erkennt, erlaubt die äußerst flexible Adressierung des MCS 6502 die Verwendung vieler Befehle, die nur zwei Byte lang sind. Dabei wird die Zero-Page-Adressierung verwendet, wobei das höherwertige Adressenbyte gleich Null gesetzt wird. Dem Anwender stehen damit praktisch 256 Zellen zur Verfügung, die mit nur zwei Bytes erreicht werden können.

Für die Speicherung der Rücksprung-Adressen bei Unterprogramm- oder Interrupt-Operationen wird normalerweise ein „Stack" verwendet, der beim MCS 6502 fest auf den Speicherbereich 0100...01FF programmiert ist und nicht verändert werden kann. Die Stacklänge beträgt also 256 Byte, so daß maximal 128 Rücksprungadressen gespeichert werden können.

Es existieren drei Interrupt-Ebenen: Reset, NMI und IRQ.

Reset ist ein nicht maskierbarer Interrupt mit der höchsten Priorität. NMI ist ebenfalls ein „nicht maskierbarer Interrupt", während IRQ „Interrupt Request" bedeutet und nur dann tatsächlich bedient wird, wenn das Interrupt-Disable-Bit im Statusregister auf log. 0 liegt. Alle Interrupt-Arten führen zu einem Sprung an bestimmte Interrupt-Adressen, die vom Anwender in gewissen Zellen (FFF...) frei programmiert werden können. Der Interrupt IRQ ist auch innerhalb eines Programms durch den Break-Befehl zu simulieren (Hexadezimal 00). NMI und IRQ führen zum Abspeichern der Rücksprungadressen und des Statusregisters im Stackbereich.

Da die CPU MCS 6502 zu den preiswertesten und dennoch zu den leistungsfähigsten gehört, fand sie weite Verbreitung im Hobbycomputer-Bereich; so enthalten z. B. die Systeme KIM-1, VIM, PET 2001 und Apple II alle diese CPU. Fe.

Z80

Die CPU Z80 von Zilog zählt gegenwärtig zu den komfortabelsten und schnellsten 8-bit-Prozessoren der dritten Generation. Sie ist, besonders was die Software anbelangt, stark an das bekannte 8080-System angelehnt, darüber hinaus aber wesentlich erweitert.

In MOS-LSI-Technologie gefertigt und im 40 Pin-DIL-Gehäuse verpackt, ist der Z80 so konzipiert, daß (neben den maßgeschneiderten PIO-, CTC-, DMA-Bausteinen) beinahe alle gängigen Speicher (dynamisch, statisch) und Ein/Ausgabe-Bausteine für ein System verwendet werden können. Programme, die auf einem 8080 laufen, laufen auch auf dem Z80 – natürlich nicht umgekehrt, es sei denn, man ließe die zusätzlichen 78 Befehle ungenutzt. Die schnellere Version, der Z80 A (4-MHz-Takt gegenüber 2 MHz) kann den schnellen Prozessoren (z. B. 6502) durchaus das Wasser reichen. Er ist außer den dynamischen Daten völlig identisch mit seinem Bruder.

Der Registersatz

Das *Bild* zeigt die Register des Z80. Bemerkenswert ist, daß die vom 8080 her bekannten Register hier doppelt ausgeführt sind; man kann per Programm zwischen beiden Sätzen umschalten (es ist aber immer nur ein Satz direkt ansprechbar), was für schnelle Interruptbehandlung ideal ist. Außerdem existieren Index-Register für indizierte Adressierungen, ein Interrupt-Register, das einen Teil der Interrupt-Sprungadresse aufnimmt, sowie ein Refresh-Register. Das Statusregister ist im wesentlichen das gleiche wie beim 8080 bis auf ein Subtractflag (N).

Hardware

Der Z80 benötigt nur eine einzige 5-V-Versorgungsspannung und einen Einphasentakt, also lediglich ein Rechtecksignal, dessen Frequenz übrigens zu Testzwecken drastisch bis fast auf Null verringert werden kann.

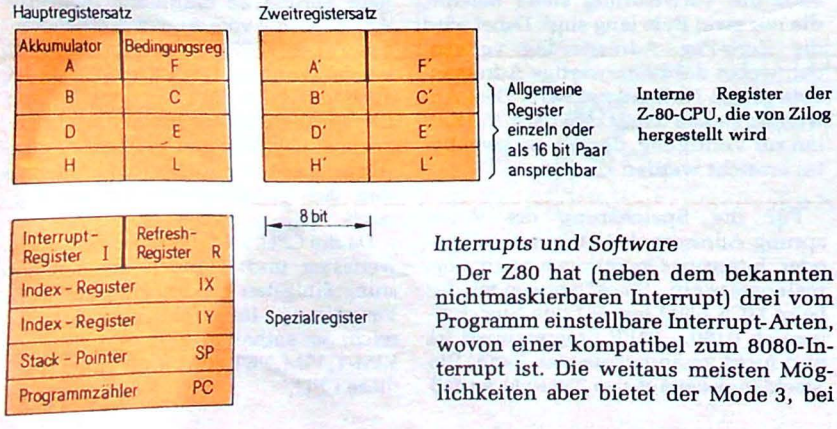
Allgemeine $\overline{RD}$- und $\overline{WR}$-Ausgänge in Verbindung mit $\overline{MREQ}$ (Memory Request)- bzw. $\overline{IORQ}$ (In/Out Request)-Auswahlausgängen sind günstigerweise gegenüber den separaten Auswahlausgängen des 8080 eingeführt.

Der $\overline{M1}$ (Maschinenzyklus)-Ausgang sagt aus, daß die CPU sich gerade einen Befehlscode aus dem Speicher holen will (Programmzählerinhalt liegt am Adreßbus). Er ist nicht identisch, aber ähnlich dem SYNCH-Impuls seines Vorfahren 8080.

Der $\overline{HALT}$-Ausgang hat nichts mit dem HOLD des 8080 zu tun, er wird durch einen Software-Befehl erreicht. Es werden dann solange Leerbefehle ausgeführt (um Refresh zu garantieren), bis die CPU durch einen Interrupt oder Reset wieder aus dem Schlaf gerissen wird. Dem HOLD-Zustand entspricht vielmehr der $\overline{BUSRQ}$ (Bus Request)- und als Quittung der $\overline{BUSAK}$ (Bus Acknowledge)-Ausgang, bei dem sämtliche Bus- und Steuerausgänge in den hochohmigen Zustand versetzt werden, um direkten Speicherzugriff zu ermöglichen.

Der eingebaute Refresh-Zyklus ist erfrischend sowohl für Hardware-Planer als auch für dynamische Speicher. Am Ende jedes „OP-Fetch"-Zyklus wird, während die CPU ohnehin intern mit der Befehlsverarbeitung beschäftigt ist, (durch $\overline{RFSH}$ und $\overline{MREQ}$ angekündigt) eine Adresse aus dem Refresh-Register angeboten, die direkt für Auffrischzugriffe verwendet werden kann.

Die Zustände während eines jeden Maschinenzyklus können durch ein Signal am $\overline{WAIT}$-Eingang praktisch beliebig verlängert werden, um phlegmatischeren Peripheriebausteinen das Mitreden zu erleichtern.



Interrupts und Software

Der Z80 hat (neben dem bekannten nichtmaskierbaren Interrupt) drei vom Programm einstellbare Interrupt-Arten, wovon einer kompatibel zum 8080-Interrupt ist. Die weitaus meisten Möglichkeiten aber bietet der Mode 3, bei dem ein 8-bit-Interruptvektor vom anfordernden I/O-Port zusammen mit dem Inhalt des Interrupt-Registers praktisch jeden beliebigen Platz im 64-K-Bereich anzuspringen gestattet.

Zur Adressierung ist zu sagen, daß beinahe alle üblichen Arten und deren Mixturen möglich sind: direkte, register-indirekte, indizierte (über die beiden Index-Register), relative und sogar Einzelbit-Adressierung; selbstverständlich auch implizit, z. B. Unterprogrammaufruf für 8 Stellen im Zero-Page-Bereich mit einem 1-Byte-Befehl.

Der Befehlssatz umfaßt:

8-bit-Ladebefehle: Alle Adressierungsarten und Konstantenoperationen.

16-bit-Ladebefehle: Hier besitzt die CPU etwas weniger Adressierungsmöglichkeiten.

Blocktransfer- und Suchbefehle: Der Z80 ist als einziger Prozessor in der Lage, bis zu 64 kByte mit einem einzigen Befehl (Übertragungsraten von ca. 5 µs/byte) von einem Block in den anderen zu übertragen oder ein Zeichen zu suchen.

8-bit-Arithmetisch/logische Befehle: Konstantenaddition, Addition und Subtraktion mit und ohne Carry, AND, OR, XOR und Vergleiche.

16-bit-Arithmetik: Addition, Subtraktion, Inkrementieren und Dekrementieren.

Rotations- und Schiebebefehle: Neben den normalen Rotations- und Shift-Befehlen sind auch Halbbyte-Swaps möglich – eine wesentliche Erleichterung bei BCD-Arithmetik.

Einzelbitverarbeitung: Setzen und Rücksetzen bzw. Testen von Bits in Registern oder indirekt oder indiziert adressierten Speichern.

Sprungbefehle: Bedingte und unbedingte (auch relative) Sprünge und Unterprogrammaufrufe, sowie Ein-Byte-Calls im Zero-Page-Bereich.

Ein/Ausgabe-Befehle: Direkt oder registerindirekt adressierbare Ports (letztere können ihre Daten in jedes beliebige Register laden).

CPU-Steuerbefehle: Interruptmaskierung und Modusfestlegung, HALT und NOP-Befehl.

Karl Schedler

Das nachfolgend abgedruckte Programm für den Rechner TI-59 soll das Herausfinden von Nebenempfangsstellen bei Superhet-Empfängern vereinfachen, um schon vor dem Bau eines solchen Geräts systembedingte Pfeifstellen zu vermeiden.

Berechnung von Nebenempfangsstellen mit einem TI-59

Das Programm verwendet die Formel

$$f_{stör} = \frac{f_{Zf} \pm n \cdot f_{osz}}{m}$$

und berücksichtigt somit die Tatsache, daß sowohl die störende Eingangsfrequenz als auch die intern im Empfänger erzeugte Oszillatorfrequenz Harmonische aufweisen. Diese Harmonischen entstehen u.U. auch erst durch eine unlineare Kennlinie des Mischers und können ebenso zur Bildung der Zwischenfrequenz (Zf) führen wie die Grundwellen, und zwar entweder durch Addition oder Subtraktion.

Um nicht unnötig viele, zum Teil gar nicht interessierende Störfrequenzen zu erhalten, gestattet das Programm auch die vorherige Eingabe zweier Frequenzgrenzen f_u und f_o. Nur innerhalb dieser Grenzen werden Nebenempfangsstellen angezeigt; alle anderen werden ignoriert.

Um feststellen zu können, die wievielte Harmonische von Eingangs- und Oszillatorfrequenz an der jeweiligen Nebenempfangsstelle beteiligt war, werden n und m in Form der letzten beiden Stellen der angezeigten Störfrequenz ausgegeben; die Anzeige 145,000021 bedeutet z. B., daß die Nebenempfangsstelle durch die doppelte Oszillatorfrequenz und die Grundwelle der Eingangsfrequenz zustandekommt. Die Störfrequenz ist hier natürlich nicht 145,000021 MHz, sondern 145,000 MHz; das Programm schneidet nach der dritten Stelle hinter dem Komma ab.

Das *Bild* zeigt das komplett mit einem Drucker PC-100A aufgelistete Programm, und aus der *Tabelle* geht seine Bedienung hervor. Anzumerken ist noch, daß alle Störfrequenzen ab Register 10 gespeichert werden. Die Speicher, auch die vorher eingegebenen Werte, werden durch das Programm gelöscht.

Ing. (grad.) Fred-H. Heller

Tabelle: Bedienung des Rechners

Schritt	Bedienung	Eingabe	Taste	Anzeige
1	Magnetkarte einlesen			1
2	Zwischenfrequenz eingeben	Zf	A	Zf
3	Oszillatorfreq. eingeben	f_{osz}	B	f_{osz}
4	Untere Grenzfrequenz	f_u	C	f_u
5	Obere Grenzfrequenz	f_o	D	f_o
6	Max. Oszil.-Harmonische	n_{max}	E	n_{max}
7	Max. Eingangs-Harmonische	m_{max}	E' R/S	m_{max}; 91
	(Die Nebenempfangsstellen werden jetzt berechnet und gespeichert.)			
8	Abwarten, bis 91 angezeigt wird		R/S	0
9	Ausgabe von $f_{stör}$		R/S	f,fff0nm
10	R/S drücken bis 91 (STOP) angezeigt wird		R/S usw.	
11	Wieder bei Schritt 2 beginnen		R/S	91

```
000  76 LBL   034  39  39   068  71 SBR   102  65  ×   136  01  1   170  55  ÷
001  11  A    035  76 LBL   069  67  EQ   103  01  1   137  95  =   171  43 RCL
002  42 STO   036  10 E'    070  71 SBR   104  00  0   138  72 ST*   172  05  05
003  00  00   037  42 STO   071  75  -    105  00  0   139  06  06   173  95  =
004  61 GTO   038  08  08   072  71 SBR   106  00  0   140  92 RTN   174  50 I×I
005  00  00   039  91 R/S   073  67  EQ   107  95  =   141  76 LBL   175  92 RTN
006  39  39   040  09  9    074  43 RCL   108  59 INT   142  85  +   176  09  9
007  76 LBL   041  42 STO   075  08  08   109  55  ÷   143  53  (   177  01  1
008  12  B    042  06  06   076  32 X:T   110  01  1   144  43 RCL   178  91 R/S
009  42 STO   043  43 RCL   077  43 RCL   111  00  0   145  00  00   179  25 CLR
010  01  01   044  07  07   078  05  05   112  00  0   146  85  +   180  32 X:T
011  61 GTO   045  32 X:T   079  67  EQ   113  00  0   147  43 RCL   181  01  1
012  00  00   046  43 RCL   080  00  00   114  85  +   148  04  04   182  00  0
013  39  39   047  04  04   081  43  43   115  43 RCL   149  65  ×   183  42 STO
014  76 LBL   048  67  EQ   082  61 GTO   116  04  04   150  43 RCL   184  09  09
015  13  C    049  01  01   083  00  00   117  65  ×   151  01  01   185  25 CLR
016  42 STO   050  76  76   084  64  64   118  00  0   152  54  )   186  91 R/S
017  02  02   051  69 OP    085  76 LBL   119  93  .   153  55  ÷   187  73 RC*
018  61 GTO   052  24  24   086  67  EQ   120  00  0   154  43 RCL   188  09  09
019  00  00   053  01  1    087  32 X:T   121  00  0   155  05  05   189  69 OP
020  39  39   054  42 STO   088  43 RCL   122  00  0   156  95  =   190  29  29
021  76 LBL   055  05  05   089  02  02   123  00  0   157  92 RTN   191  22 INV
022  14  D    056  71 SBR   090  77  GE   124  01  1   158  76 LBL   192  67  EQ
023  42 STO   057  85  +    091  01  01   125  85  +   159  75  -   193  01  01
024  03  03   058  71 SBR   092  40  40   126  43 RCL   160  53  (   194  86  86
025  61 GTO   059  67  EQ   093  43 RCL   127  05  05   161  43 RCL   195  47 CMS
026  00  00   060  71 SBR   094  03  03   128  65  ×   162  00  00   196  09  9
027  39  39   061  75  -    095  22 INV   129  00  0   163  75  -   197  01  1
028  76 LBL   062  71 SBR   096  77  GE   130  93  .   164  43 RCL   198  61 GTO
029  15  E    063  67  EQ   097  01  01   131  00  0   165  04  04   199  00  00
030  42 STO   064  69 OP    098  40  40   132  00  0   166  65  ×   200  39  39
031  07  07   065  25  25   099  32 X:T   133  00  0   167  43 RCL
032  61 GTO   066  71 SBR   100  69 OP    134  00  0   168  01  01
033  00  00   067  85  +    101  26  26   135  00  0   169  54  )
```

Programm zur Berechnung der Nebenempfangsstellen. Es umfaßt genau 200 Schritte

Ing. (grad.)
Wolfgang Hascher

Das Einarbeiten in die Mikrocomputertechnik und – was mindestens genauso wichtig ist – in die Programmierpraxis bedarf eines wohldurchdachten µC-Systems, denn zunächst soll das Lernen und Üben frei sein von unnötigem Ballast. Weiterhin bestimmt wohl der Mikroprozessortyp, mit dem man begonnen hat, die Richtung des späteren Arbeitens auf dem Computersektor: Hard- und auch Software wird man kaum mehr wechseln wollen.

Näher beleuchtet: µC-System Alpha 1

Insofern stellen sich dem Übenden, dies sei vorweggenommen, mit dem hier vorliegenden Mikrocomputersystem Alpha 1 der Berliner Firma MCS schon recht gute Voraussetzungen für ein erfolgreiches Arbeiten: Der Mikroprozessor 6502 (CPU) ist allseits anerkannt und bietet einen in der Praxis bestens bewährten Befehlssatz. Um ihn herum wurde sinnvolle Peripherie aufgebaut, so daß das System mit den Erfahrungen und Bedürfnissen „mitwachsen" kann und mit seinen Erweiterungsmöglichkeiten zahlreichen praxisbezogenen Anwendungen gerecht wird. Letztlich können sogar anspruchsvolle und komplizierte Steuerungsfunktionen realisiert werden!

Allgemeines und Hardware

Der Alpha 1 ist ein anschlußfertiges 8-bit-Mikrocomputersystem (1,25 K RAM, 2 K Betriebssystem) mit eingebautem Netzteil, lieferbar in drei Versionen: Typ 1 (*Bild*) mit der charakteristischen „aufgesetzten" CPU-Karte zum Preis von knapp 1500 DM + MwSt. Der Typ 2 kostet etwas über DM 1800.– zuzügl. MwSt. und hat die CPU-Karte bereits im Gehäuse. Die letzte Version, der Typ 3, befindet sich im durchsichtigen Kunstglasgehäuse, kostet knapp über 1900 DM + MwSt. und läßt sich wiederum „auf den Prozessor schauen". Als Bausatz ist lediglich der erste Typ lieferbar: Wißbegierige und schon im Löten erfahrene Heimcomputerleute haben hierfür knapp unter 1000 DM + Steuer aufzubringen.

Nun zur Bedienung: Auf eine Handhabung, die das Programmieren erleichtert und nicht ermüdend gestaltet, ist die 27 Elemente umfassende Tastatur zugeschnitten, mit deren Erläuterung auch gleich wesentliche Eigenschaften des gesamten Systems deutlich werden: Neben den 16 Hexadezimaltasten (0...9 und A...F) sind vorhanden – und werden beim Programmerstellen auch häufig benötigt:

- eine Reset-Taste, die einen definierten Anfangszustand herstellt;
- Einzelschritt-Programmtaste, besonders wichtig beim Austesten von Zeitschleifen und Programmsprüngen;
- „Go", startet den Programmzyklus bei der momentan angewählten Adresse;
- Tasten „AD" und „DA", mit deren Hilfe man über die Hexadezimaltastatur wahlweise Zugriff zu Adressen (Speicherplätzen) und den darin stehenden Daten bekommt;
- Taste „SR"; sie läßt den Inhalt des Statusregisters in der Anzeige erscheinen;
- „AC", eine Funktion, die den Dateninhalt des Akkumulators auf das Display bringt – sehr vorteilhaft, da man nicht ständig die vierstellige Akku-Adresse eintasten muß;
- die Taste „PC" erlaubt die Direktanwahl des Programmzählers;
- „MN", eine Funktion von besonderer Bedeutung: Mit ihrer Hilfe nämlich kann jeder hexadezimale Befehlscode gleich in mnemonischer Darstellung abgelesen werden (Disassembler), also statt z. B. A 9 erscheint gleich LDA (load accumulator), was eine große Hilfe besonders für den noch Ungeübten bedeutet;
- schließlich noch zwei Tasten mit Pfeilsymbolen (↑, ↓). Sie zählen die aktuelle Adresse um Eins nach oben bzw. unten, ersparen also beim Programmieren das Neueingeben der nächsten oder letzten Adresse – eine erhebliche Zeitersparnis.

Was die schon erwähnte Anzeige betrifft, so hat sie lediglich einen Mangel: ihr fehlt ein rotes Farbfilter, das die Siebensegmentsymbole angenehmer für das Auge darstellen würde. Ansonsten sind die acht Stellen gut abzulesen; auf ihnen erscheinen im Normalbetrieb die Adresse des Speicherplatzes und die darin vorhandenen Daten gleichzeitig.

Peripherie

An externen Anschlußmöglichkeiten bietet das System zwei Recorderbuch-

Das µC-System Alpha 1 (Typ 1) mit „aufgesetzter" CPU-Karte, die bei Systemerweiterung entnommen werden kann; die Anschlüsse dienen dann als Busleitungen. Mit einem Billig-Kassettenrecorder lassen sich alle Programme abspeichern und wieder einlesen

sen, mit denen sowohl Ein/Auslesen als auch Überspielen von (gleichzeitig regenerierten) Daten auf ein zweites Bandgerät möglich ist; die Laufwerke der Kassettengeräte werden über einen Relaiskontakt mitgesteuert.

Am „Application"-Stecker (20polig) liegen die 16 frei adressierbaren Ein- bzw. Ausgangsleitungen des Peripheriebausteins 6532-1; sie dienen den frei verfügbaren Eingabe-, Kontroll- und Steuerfunktionen. Viele Möglichkeiten bietet auch der „Communication"-Stecker. Er erlaubt an einer 20-mA-Stromschnittstelle den Betrieb eines Teletype inkl. Lochstreifen. Für Datenterminals steht eine V-24-/RS-232-Schnittstelle zur Verfügung, insgesamt mit Übertragungsgeschwindigkeiten bis 4800 Baud.

Software

Die bisher geschilderten Möglichkeiten und die Ausstattung des Alpha-1-Systems deuteten es schon an: hier muß ein ausgefeiltes Betriebssystem (Monitorprogramm) am Werk sein, um die Hardware und die Peripherie voll auszunutzen. Es wurde auf 2 K untergebracht und erlaubt vollen Zugriff auf Unterprogramme, wie zum Beispiel die in eigenen Programmen immer wieder benötigte Anzeigeroutine. Auch sind alle Tastenfunktionen frei verfügbar, um während des Programmlaufes beliebige Informationen eingeben zu können. Weitere Unterprogramme beziehen sich auf Uhr- und Timeranwendungen, Schreib- und Leseroutinen für alle Peripheriegeräte, Magnetbandaufzeichnung und -wiedergabe; sogar bei der Ausgabe von Tonfolgen ist das Betriebssystem behilflich.

Natürlich wäre die ganze Software nutzlos ohne ausreichende Dokumentation und Erläuterung; dieser Gefahr wurde jedoch vorgebeugt durch gründliche Beschreibungen, Anwendungsbeispiele und Programmlisten mit Sprungadressen – man kann in der Tat das System auspacken, anschließen und gleich zu programmieren beginnen; erste Erfolgserlebnisse (sie sind besonders wichtig) stellen sich bald ein.

Auch der Software-„Nachschub" wird bei MCS recht ernst genommen. Erhältlich sind Programmkassetten mit Test- und Prüfdurchläufen für das gesamte System und die Peripherie sowie interessante Bänder mit Unterhaltungs- und Spielprogrammen (u. a. Schach, Mondlandung, Musikbox). Lieferbar sind zudem Programmierhilfen wie Assembler, Disassembler, Debug-Programm, ASCII-Erkennung und, neben weiteren, ein komfortabler Editor. Im Software-Katalog nicht unerwähnt bleiben schließlich Ergänzungsprogramme für die Ansteuerung von Floppy-Disks, Druckern und Terminals mit verschiedensten Baudraten.

Alles in allem kann das Mikrocomputersystem Alpha 1 als ausgereiftes Produkt gesehen werden, mit einem weitverbreiteten Prozessor und – die CPU sinnvoll einsetzend – einem recht praxisorientierten und nützlichen Monitorprogramm. Steigender Programmiererfahrung und (je nach Geldbeutel) erweiterbarer Peripherie kann sich das System optimal anpassen, zumal auch entsprechende Dokumentation und Software verfügbar sind. Letztlich also: gutes Geld für gute Ware.

KIMpatibel

Die Tatsache, daß selbst Mikrocomputer-Systeme mit dem gleichen Prozessor nicht unbedingt software-kompatibel sind, liegt meist daran, daß unterschiedliche RAM-Speicheradressen verwendet werden.

Bei dem Mikrocomputer KIM-1 sind die verbreitetsten Erweiterungen die RAM-Adressen 0400...13FF oder 2000...2FFF. Beide Erweiterungsmöglichkeiten lassen sich mit einer schon recht preiswerten 4-kByte-RAM-Karte realisieren. Programme, die für den Adressenbereich 0400...13FF geschrieben wurden, laufen nun aber leider nicht ohne weiteres im Bereich 2000...2FFF, es sei denn, man ändert alle absoluten Adressen im Programm, was recht mühsam ist.

In der FUNKSCHAU werden Sie in dieser Rubrik jedoch auch solche Programme finden, die eine der beiden Erweiterungen voraussetzen, weil sie sich nicht in dem auf der KIM-Platine vorhandenen RAM im Adressenbereich 0000...03FF unterbringen lassen. Um Ihnen nun die Arbeit mühsamer Programmverschiebungen zu ersparen, sei eine Möglichkeit aufgezeigt, die dieses Problem löst. Auf ähnliche Art und Weise läßt sich das natürlich auch bei anderen Systemen durchführen.

Das *Bild* zeigt die Schaltung der Hardware-Adressenduplizierung. Es ist keine manuelle Umschaltung erforderlich, in welchem Adressenbereich gearbeitet werden soll – das tut das Programm selbst durch Ansprechen der Adressenleitung AB 13. Ist diese Leitung H, so ist der Bereich 2000...2FFF gemeint, andernfalls der Bereich 0400...13FF.

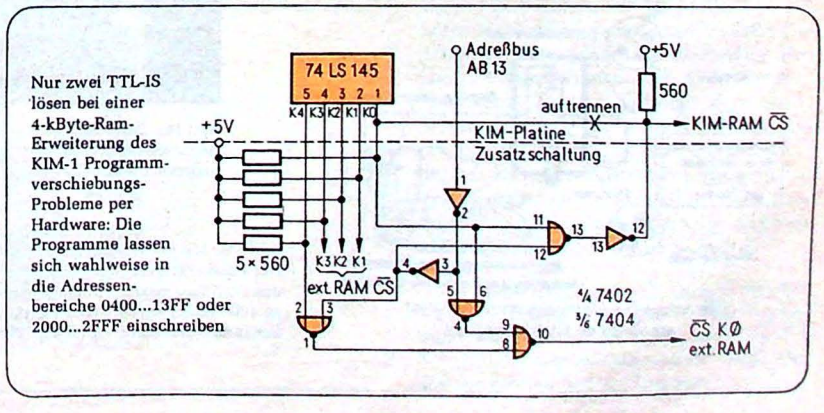
Je nach dem Zustand von AB 13 liegt das externe RAM also in folgenden Adressenbereichen:

2000...23FF oder 1000...13FF und
2400...2FFF oder 0400...0FFF.

Der zweite Bereich, der 3 kByte umfaßt, ist fest mit dem auf der KIM-Platine befindlichen Adreßdecoder verbunden. Lediglich der erste Bereich – er umfaßt 1 kByte – wird, abhängig von AB 13, mit der aus nur zwei TTL-IS bestehenden Logik als K 0 oder K 4 interpretiert.

Das KIM-RAM wird gesperrt, solange AB 13 auf H liegt. Dazu muß die Leiterbahn auf der KIM-Platine zwischen Pin 1 des Adreßdecoders 74 LS 145 und der Chip-Select-Leitung des KIM-RAM aufgetrennt werden, was mit einem scharfen und spitzen Messer geschehen kann.

Diese Hardware-Programmverschiebung läßt sich natürlich nur dann durchführen, wenn der höherwertige Adressenteil, also AB 13...15, nicht von der externen RAM-Platine selbst decodiert wird. Fe.



Prof. Walter Bruch

Von der Tonwalze zur Bildplatte

100 Jahre Ton- und Bildspeicherung

Die weltbekannten deutschen Pioniere der Tonfilmtechnik, Hans Vogt, Dr. Jo Engl und Joseph Masolle, hatten die bei der Entwicklung des Lichttonfilms gesammelten Erfahrungen auf den Schnitt von Schallplatten angewendet (Bild 141). Der Ton wurde zunächst nach dem Lichttonverfahren auf einem Filmband festgehalten, dann in Form einer Zeitlupe, das heißt im wesentlich verlangsamten Zeitmaß, auf die Wachsplatte übertragen. Die um einen Faktor 20...100 herabgesetzten Tonfrequenzen lagen dann unterhalb etwaiger Resonanzen des Schneidesystems, – das Sykes Patent wurde umgangen –, und auch jene feinsten Schwingungen wurden erfaßt, die bei der gewöhnlichen Methode oft unberücksichtigt blieben. Leider steckte die Tonaufzeichnung auf Film noch in den Kinderschuhen, die erreichbare Qualität war für die Übertragung auf eine Schallplatte der Spitzenklasse unzureichend, das konnte auch durch die verbesserte Schneidetechnik nicht aufgeholt werden.

Lichttonfilme aus jener Zeit lassen, wenn sie heute im Fernsehen gebracht werden, erkennen, wie bescheiden ihre Tonqualität im Vergleich zu der der damaligen Schallplatte war. Einem 1929 in Amerika mit dem berühmtesten deutschsprachigen Schauspieler jener Jahre, Alexander Moissi (1880 – 1935) aufgenommenen Tonfilm blieb der Erfolg versagt.

Die klangvolle weiche Stimme Moissis klang wie die eines Durchschnittssprechers, der Tonfilm vermochte mit seiner damaligen Tontechnik der nuancenreichen Sprachmelodik Moissis nicht zu genügen.

Die Tri-Ergon-Erfinder hatten zwei neue Prinzipien in die Technik eingeführt: Sie benutzten bei der Schallplattenherstellung erstmalig einen Zwischenträger, das Filmband das vor dem Plattenschnitt programmgerecht bearbeitet werden konnte. – Heute wird fast jede Platte vom Magnetband als Zwischenträger her geschnitten –. Das zweite von ihnen neu eingeführte Verfahren des verlangsamten Schnittes wurde für den Schnitt der ersten Bildplatten ein halbes Jahrhundert später wieder aufgegriffen.

Verhältnismäßig primitiv waren die Mikrofone noch für die ersten elektromechanischen Schallplattenaufnahmen, sogar Kohlemikrofone wurden noch benutzt (*Bild 142*). So mancher Künstler, dessen Stimme der Trichter durch seinen begrenzten Frequenzum-

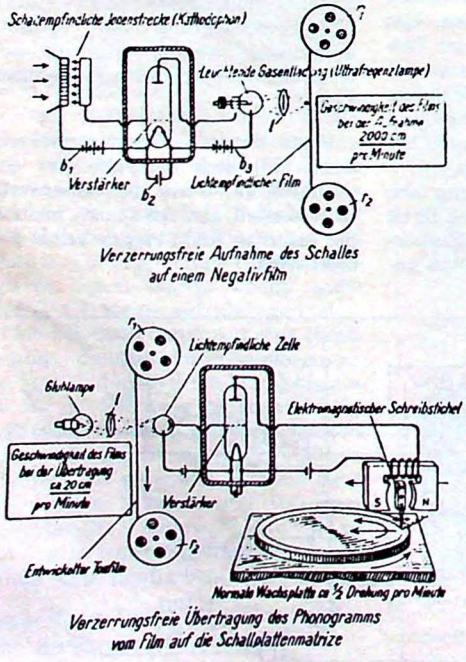


Bild 142. Der weibliche Star der ersten Schallplattenjahre war die aus Australien stammende Sängerin Nellie Melba (1861–1931). Ihre erste elektrisch aufgenommene Schallplatte besang sie mit diesem Kohlemikrophon

Bild 141. Mit Zwischenträger arbeitete die Triergon bei der Schallplattenherstellung. Auf Filmband wurde der Ton zuerst photographisch aufgezeichnet, dieses Filmband dann mit sehr verlangsamter Geschwindigkeit abgetastet, – bei diesem Beispiel mit 1 zu 100 verlangsamter Geschwindigkeit – und die ebenfalls entsprechend langsamer laufende Schallplatte damit abgeschnitten

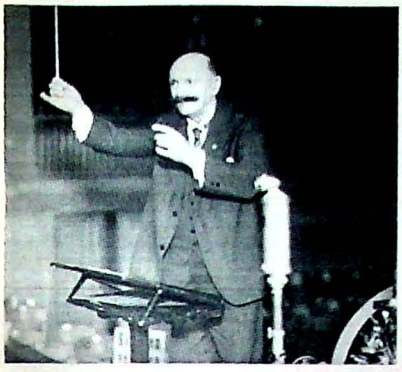


Bild 143. In den dreißiger Jahren stand das Kondensatormikrofon für diese Aufnahmen zur Verfügung, seine Qualität erlaubte dann schon gute Aufnahmen auch von großen Orchestern. Hier Berlins populärer Kapellmeister Woitschack bei einer Aufnahme der Telefunkenplatte vor der berühmten „Flasche"

Bild 144. Im Vergleich zu heute immer noch primitiv waren die Mikrofone aufgestellt, hier eines durch einen Tisch erhöht, bei einer Telefunkenaufnahme in der Singakademie Berlin

fang „geschmeichelt" hatte, enttäuschte über das Mikrofon und verschwand aus dem Schallplattenrepertoire, so wie man Moissi für Tonfilmaufnahmen keine Angebote mehr machte. Elektrische Filter und die anderen Methoden, mit denen man heute eine Stimme „bearbeiten" kann, setzte man damals noch nicht ein.

Es gab aber auch Künstler, die erst über das Mikrofon zum Star wurden, –wie heute auch –. Das Musterbeispiel dafür war Joseph Schmidt, ein Sänger klein an Gestalt mit kleiner Stimme. Nie hätte er auf der Bühne eine Chance gehabt. Über das Mikrofon nach entsprechender Verstärkung auf Platte geschnitten, klang seine Stimme bei der Wiedergabe wie die eines ganz großen Sängers, über den Trichter aufgenommen. Über Nacht wurde aus ihm ein Star. Seine ersten Aufnahmen wurden 1929 gemacht mit dem neuen Kondensatormikrofon, das von Georg Neumann für Telefunken gebaut wurde. Es hat sich von da an die Welt des Rundfunks und der Schallplatte erobert. Bis zur Mitte der fünfziger Jahre wurden die Schallplatten damit aufgenommen, Beispiele in *Bild 143* und *144*.

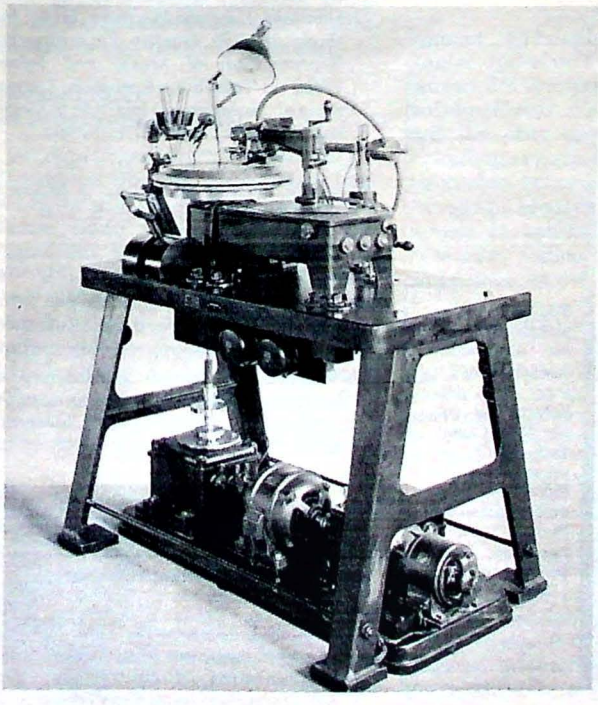


Bild 145. Eine Schneideapparatur der dreißiger Jahre (Klangfilm)

Bis 1945 wurden die für die Massenproduktion bestimmten Platten vornehmlich wie einst in Wachs geschnitten, aber schon mit aufgeheiztem Stichel[1]) (*Bild 145* und *146*), während die zum baldigen Abspielen bestimmten Platten für Archivzwecke des Rundfunks oder politische Zwecke schon vornehmlich in Folie geschnitten wurden, – wie wir noch lesen werden –.

Erlauben Sie mir nun eine kurze Abschweifung von der Technik auf die wirtschaftliche Situation in den zwanziger und dreißiger Jahren, denn durch sie wurden eine Verlagerung nicht nur der Entwicklung der Schallplattentechnik, sondern auch der Schallplattenproduktion auf die Elektroindustrie bewirkt.

Die Schallplattenindustrie wurde nämlich nach einem ungeheueren Aufschwung auf dem Höhepunkt des Plattenabsatzes mit 30 Millionen Stück im Jahr 1929 von der einsetzenden Weltwirtschaftskrise in ganz besonderen Maße betroffen. Wie stark, das möge ein Schaubild des Börsenkurses der Aktien des riesigen Deutschen Lindströmkonzerns veranschaulichen (*Bild 147*). Diese Aktien erlebten einen solchen Kursverfall, daß ihre Notierung an der Berliner Börse am 13. Mai 1935 eingestellt wurde. Die Krise war weltweit, so sank der Umsatz an Platten in den USA von 110 Millionen am Ende der zwanziger Jahre auf unter 10 Millionen im Jahre 1934. Ganz besonders traf die Depression den unterkapitalisierten Küchenmeisterkonzern, der 1931 zusammenbrach. Zu ihm gehörte eine große Schallplattenfirma in Deutschland, die Deutsche Ultraphon. Aus deren Liquidation übernahm die dafür neugegründete Telefunken Platte GmbH das umfangreiche Matrizenlager der Marken „Ultraphon" und „Musica Sacra".

[1]) Der elektrisch geheizte Schneidstichel wurde erstmalig 1892 von W. Brüning benutzt, beim Schnitt der Wachsmaster für die Schallplatte beschränkte man sich lange auf das Anwärmen der Wachsmasse.

Als dann 1937 auch die Deutsche Grammophon zu Telefunken gekommen war, hatte sich ein bedeutender Teil der deutschen Schallplattenindustrie zur Elektroindustrie hin verlagert, zur AEG und Siemens, den Eltern von Telefunken. Bei deren „Scheidung" im Jahre 1941 blieb die Telefunkenplatte bei Telefunken und die Deutsche Grammophon kam zu Siemens.

Die eigenen Schallplatteninteressen waren Anlaß für Telefunken, nun auch in die Forschung einzusteigen. So entstanden bei Telefunken, bzw. bei der AEG erste elektrische Tonabnehmer; aber auch hierzu war die Vorarbeit, wie für den Plattenschnitt, in Amerika geleistet worden, wie wir noch sehen werden.

Ähnlich wie in Deutschland kam auch in den USA der wichtigste Teil der Schallplattenindustrie in den dreißiger Jahren zur Elektroindustrie. Der alt gewordene Pionier Eldridge Johnson zog sich von seiner Firma zurück, die von der Radio Corporation of America (RCA) übernommen wurde, mit dem Namen RCA-Victor Comp.

In England war der Weg umgekehrt, nicht die mächtig aufblühende Radioindustrie übernahm den notleidenden Bruder Schallplatte; vielmehr ergänzte die Grammophone Co. den Scope ihres Arbeitsgebietes durch den Zusammenschluß mit elektrotechnischen Firmen auf Radiogeräte, Kühlschränke usw. Das Unternehmen mit dem neuen Namen Electrical und Musical Industries (EMI) nunmehr nicht nur bedeutendster Schallplattenhersteller Englands, sondern auch weltbekannte Firma für Funkanlagen, entwickelte 1936 unter Leitung von Isaac Shoenberg, später Sir Isaac, das erste vollelektronische Fernsehstudio in England. Also auch dort eine enge Verbindung der Schallplatten- und Elektroindustrie!

(*Fortsetzung folgt*)

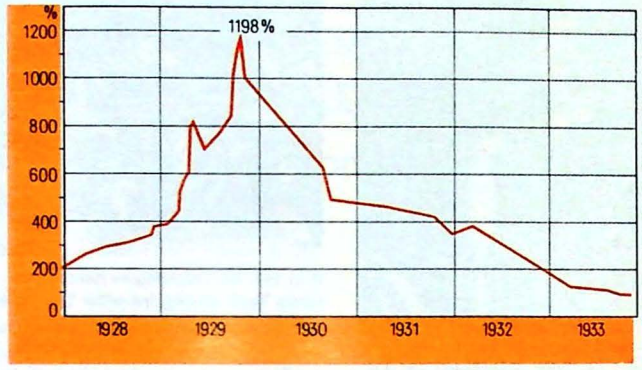


Bild 147. Rasant war der Aufstieg der deutschen Schallplattenindustrie bis 1929, bis sie dann die Weltwirtschaftskrise voll traf. Das zeigt als Beispiel die Entwicklung der Aktienkurse des großen Schallplattenkonzerns Lindström in den Jahren der größten Schwankung von 1927 bis 1933

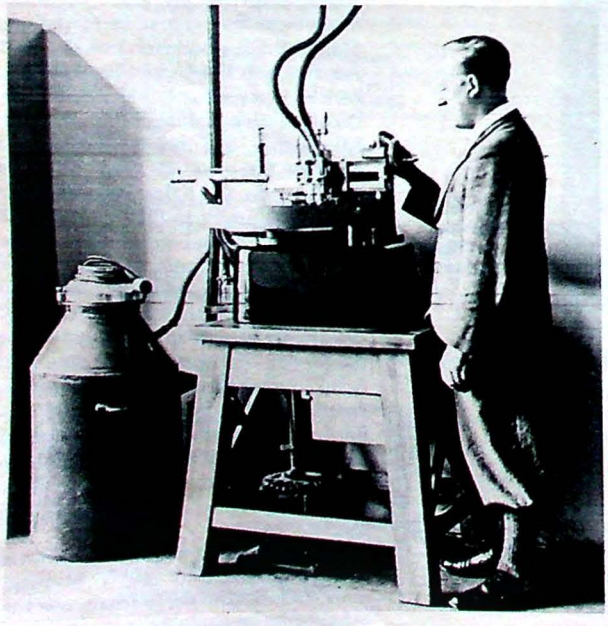


Bild 146. Sauber plangedreht wurden die dicken Wachsplatten kurz vor dem Schnitt, für den das Wachs dann auch noch erwärmt wurde. Eine Wachsabdrehmaschine der Firma Georg Neumann, Baujahr 1932

Literatur

[68] La Nature. Nr. 1236, 6. Febr. 1897
Nr. 1282, 25. Dez. 1897.

[69] *Bruch, W.* Die Fernsehstory, Stuttgart 1969, S. 54...55.

[70] *Rousseau, P.*: Ces Inconnus ont fait le Siecle, Paris 1960. Deutsche Fassung: Sie prägten unsere Zeit, München.

[71] *Hammer, W. J.*: Transmitting Sound by Phonograh and Telephone 104 Miles, through 48 Physical Changes. Electrical Experimenter, September 1917.

[72] *Maxfield, J. P.* and *Harrison, H. C.*: Methods of High Quality Recording and Reproduction of Music and Speech based on Telephone Research. Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, Febr. 1926, S. 493.

[73] Moore, Jerrold Northrop.: A Matter of Records, New York 1977, S. 173.

[74] Electrical Research Products, Inc., New York. Schalldose. DRP 562 850, vom 2. Okt. 1925 ab.

[75] *Vorbeck, E.*, Berlin: Einrichtung zur elektromagnetischen Aufzeichnung von Tönen. DRP 285 492 vom 26. März 1913 ab.

[76] *Sykes, A.*, New Barnet, England: Vorrichtung zur Aufzeichnung von Lauten auf elektromagnetischem Wege. DRP 400 643, vom 1. Jan. 1920 ab.

[77] *Engl, Dr. J.*: Der tönende Film. Das Triergon Verfahren und seine Anwendungsmöglichkeiten, Braunschweig 1927. Kap. 14: Anwendung des Verfahrens zur Herstellung von Grammophonplatten.

Um komplizierte Abläufe in Geräten zu steuern, kann man sogenannte Mikroprogrammsteuereinheiten verwenden. Diese stellen im Prinzip eine Vorstufe des Mikrocomputers dar, wobei gesagt sei, daß ein Mikroprozessor in den meisten Fällen selbst eine Mikroprogrammsteuereinheit besitzt. Hier sollen verschiedene Aufbaustufen einer Mikroprogrammsteuereinheit beschrieben werden, und an Hand dieser wird das Wesen von Programmen erklärt.

Rolf-Dieter Klein

Mikroprogramm-Steuereinheiten

Lineare Programme

Bild 1 zeigt das Schaltbild einer einfachen Ablaufsteuerung. Sie besteht aus einem Zähler und einem Decodierer. Die Schaltung ist in der Lage, einfache lineare Programme abzuarbeiten.

Doch was versteht man überhaupt unter einem Programm? Ein Programm ist eine Abfolge von Anweisungen, z. B.:

1. Anweisung: Zähler auf Null setzen
2. Anweisung: Zählereingang freigeben
3. Anweisung: Eine Sekunde warten
4. Anweisung: Zählereingang sperren
5. Anweisung: Zählerstand ausgeben
6. Anweisung: Halt

Dieses kurze Programm könnte zum Beispiel den Zähler eines Frequenzmeßgerätes steuern.

Es wäre nun noch der Begriff „lineares Programm" zu erklären; darunter versteht man ein Programm, das die Anweisungen entsprechend ihrer Reihenfolge im Speicher (genauer gesagt der aufsteigenden Folge ihrer Adressen) abarbeitet, das heißt ausführt.

Diodenmatrix als Programmspeicher

Bei dem angeführten Beispiel zur Erklärung des Begriffs „Programm" handelt es sich um ein solches lineares Programm. Denn nirgends innerhalb des Programms wird ein Befehl gegeben, die Abarbeitungs-Reihenfolge zu ändern. Die in *Bild 1* gezeigte Schaltung kann nur sehr einfache lineare Programme abarbeiten. Jedem Ausgang des Decodierers ist genau ein Befehl zugeordnet. Wird innerhalb eines Programms ein Befehl mehrmals gebraucht, so müssen bei dem Decodierer die entsprechenden Ausgänge über eine ODER-Verknüpfung miteinander verbunden werden. Handelt es sich um lange Programme, bei denen viele Befehle mehrmals auftreten, so wird die Schaltung unübersichtlich und sehr umfangreich. Außerdem wären Programmänderungen nicht einfach möglich.

Die Schaltung nach *Bild 2* dagegen bietet die Möglichkeit, sehr einfach Programmänderungen durchführen zu

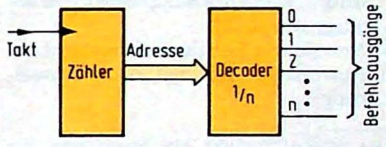


Bild 1. Prinzip einer einfachen Ablaufsteuerung. Mit den Befehlsausgängen können z. B. periphere Geräte gesteuert werden

können. Sie besteht wieder aus einem Zähler und einem Decodierer; nur gelangen die Ausgänge des Decodierers auf eine Matrix, die es gestattet, universell die oben genannten ODER-Verknüpfungen zu realisieren. Mit den horizontalen Leitungen der Decodierer-Ausgänge kreuzen sich mehrere Leitungen in vertikaler Richtung. Diese Leitungen stellen nun die neuen Befehlsleitungen dar.

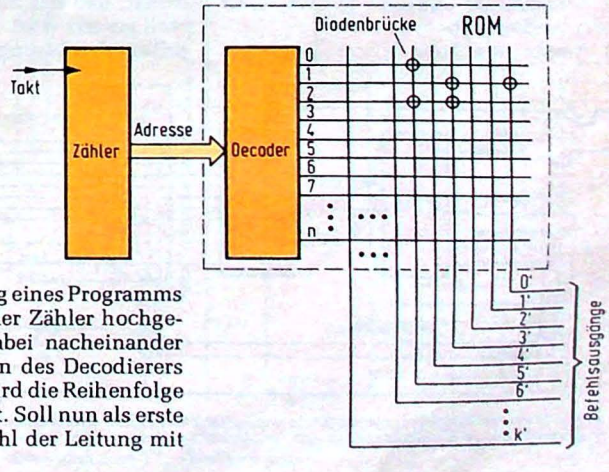


Bild 2. Hier wird der Programmablauf nicht direkt vom Decoder, sondern von einer frei programmierbaren Diodenmatrix oder einem ROM bestimmt

Bei der Ausführung eines Programms wird nach wie vor der Zähler hochgezählt. Es werden dabei nacheinander die Ausgänge 0 bis n des Decodierers aktiviert. Dadurch wird die Reihenfolge der Befehle bestimmt. Soll nun als erste Anweisung der Befehl der Leitung mit der Bezeichnung 5' ausgeführt werden, so wird am Kreuzungspunkt der Leitungen 5' und 0 zum Beispiel eine Diode (wie im Schaltbild eingezeichnet) eingelötet.

Wird nun die erste Anweisung ausgeführt, so gelangt über die Leitung 0 und über die Diode ein Signal an die Leitung 5', das dann zur endgültigen Ausführung des Befehls weiterverwendet werden kann.

Die Schaltung ermöglicht es nun aber auch, daß Befehle gleichzeitig abgearbeitet werden können. Dabei dürfen sich diese Befehle natürlich nicht gegenseitig stören. Ein Beispiel für eine Anweisung, bei der eine Störung auftreten kann: „Zähler auf Null setzen, Zähler um eins erhöhen". Es hängt bei dieser Anweisung von der dazugehörigen Schaltung ab, ob die Anweisung richtig ausgeführt wird oder nicht, ob also der Inhalt des Zählers nach Ausführung dieser Anweisung Eins oder Null ist.

Die Fähigkeit, mit einer Anweisung mehrere Befehle gleichzeitig ausführen zu können, kann die Geschwindigkeit eines Programms beträchtlich erhöhen. Wird zum Beispiel gewünscht, daß bei Ausführung der zweiten Anweisung der Befehl der Leitung 3 ausgeführt werden, so wird an den entsprechenden Kreuzungspunkten eine Diode einge-

Rolf-Dieter Klein, 20, ist in Tettnang/Bodensee geboren, erhielt 1976 das Reifezeugnis und studiert jetzt Elektrotechnik an der TU München. Er beschäftigt sich seit langem mit digitaler Elektronik und seit 1975 auch mit Mikrocomputern.

setzt. Die Schaltung ermöglicht es, einen Befehl von verschiedenen Anweisungen aus beliebig auszuführen. Bei der Anweisung 3' (Leitung 2 des Decodierers) werden (wie im Schaltbild dargestellt) die Befehle 5' und 3' ausgeführt. Dabei wurde der Befehl 5' schon bei der Anweisung 1 und der Befehl 3' bei der Anweisung 2 ausgeführt.

Die dargestellte Matrix ist mit dem Decodierer in integrierter Form als ROM (Read-Only Memory) lieferbar. Dabei kann zum Beispiel bei der Fertigung des ROM mit Hilfe von Masken bestimmt werden, an welchen Kreuzungspunkten Dioden (oder Transistoren) vorhanden sind. Für kleine Stückzahlen gibt es ferner sogenannte PROMs (Programmable Read-Only Memories). Hierbei kann man durch Stromimpulse bestimmter Größe die Programmierung durchführen und somit die Matrixpunkte definieren. Es gibt auch noch sogenannte EPROMs (Erasable Programmable Read-Only Memories), bei denen die Information in Form von Ladung an den Kreuzungspunkten aufgebracht wird. Dies geschieht ebenfalls durch Stromimpulse. Nun ist es aber möglich, die in diesen Speichern eingebrachte Information auch wieder zu löschen. Dies wird durch Bestrahlen der IS mit einer UV-Lampe erreicht. Dazu ist das IS-Gehäuse mit einem Quarzfenster an der Oberseite ausgerüstet.

Nichtlineare Programme

Bild 3 zeigt nun eine Schaltung, die in der Lage ist, auch nichtlineare Programme abzuarbeiten. Beispiel:

1. Anweisung: Setze den Zähler auf Null
2. Anweisung: Erhöhe den Inhalt des Zählers um eins
3. Anweisung: Gebe den Zählerstand aus
4. Anweisung: Springe zurück nach Anweisung 2
5. Anweisung: Leer

Dieses Programm enthält eine Sprunganweisung. Sie bewirkt, daß nach Ausführen der 4. Anweisung nicht die 5. Anweisung, sondern die 2. Anweisung ausgeführt wird. Dadurch wird erreicht, daß sich die Ausführung der Anweisungen 2 bis 4 zyklisch wiederholen.

Bei der 4. Anweisung handelt es sich um einen sogenannten unbedingten Sprung. Dieser Sprungbefehl wird in jedem Fall ausgeführt. Es gibt aber auch noch sogenannte bedingte Sprungbefehle, die in Abhängigkeit von bestimmten Zuständen ausgeführt oder nicht ausgeführt werden.

Beispiel eines Programms mit bedingten Sprungbefehlen:

1. Anweisung: Springe nach Anweisung 1, wenn die Starttaste nicht betätigt wurde
2. Anweisung: Setze den Zähler auf den Wert Null
3. Anweisung: Erhöhe den Zählerinhalt um eins
4. Anweisung: Springe nach Anweisung 3, wenn die Stopptaste nicht betätigt wurde
5. Anweisung: Gib den Zählerstand aus
6. Anweisung: Springe nach Anweisung 1

Das Beispiel stellt ein Programm für eine Stoppuhr dar. Wenn bei Ausführung der ersten Anweisung die Starttaste nicht betätigt wurde, so erfolgt ein Sprung wieder zu dieser ersten Anweisung. Wurde die Starttaste betätigt, so erfolgt die Ausführung der zweiten Anweisung.

Die erste Anweisung beinhaltet eine sogenannte Warteschleife. Denn es wird solange die erste Anweisung ausgeführt, bis die Starttaste betätigt wird. Das Programm „wartet" also auf das Betätigen dieser Taste.

Bei Ausführung der zweiten Anweisung wird der Zählerstand dadurch definiert, daß der Inhalt des Zählers auf Null gesetzt wird. Bei Ausführung der dritten Anweisung wird der Inhalt des Zählers um eins erhöht. Die vierte Anweisung beinhaltet wieder einen bedingten Sprungbefehl. Wurde nämlich die Stopptaste nicht betätigt, so erfolgt ein Sprung zurück zur dritten Anweisung; wurde sie aber betätigt, so erfolgt kein Sprung und die fünfte Anweisung wird ausgeführt. Sie beinhaltet den Befehl „Gib den Zählerstand aus". Es erfolgt damit die Ausgabe der gestoppten Zeit. Die sechste Anweisung schließlich enthält einen unbedingten Sprungbefehl zur ersten Anweisung, wobei wieder die Wartestellung eingeleitet wird und das Ganze von vorne beginnt.

Für das ordnungsgemäße Funktionieren des Programms ist es notwendig, nach Betätigen einer der beiden Tasten deren Schaltzustand zu speichern. Das erfolgt solange, bis die dazugehörige Sprunganweisung ausgeführt wurde. Dies ist nötig, um so eine Abfrage des Sprungbefehls zu ermöglichen, ob eine Taste betätigt wurde oder nicht. Soweit also der Programmablauf, die „Software".

Doch nun zu der Erklärung der Schaltung in Bild 3, der „Hardware". Um Sprunganweisungen durchführen zu können, ist es notwendig, daß ein Zähler verwendet wird, der auf einen beliebigen Wert gesetzt werden kann. Dazu besitzt ein solcher Zähler speziell dafür vorgesehene Setzeingänge. An diese Eingänge wird ein Teil der Befehlsleitungen des Ausgangs der Matrix geführt. Diese Befehlsleitungen beinhalten die Sprungadresse. Der Zähler besitzt außerdem noch einen Eingang, der ihn veranlaßt, die Information, die an den Setzleitungen liegt, zu übernehmen.

Dieser Eingang kann nun beispielsweise direkt mit einer Befehlsleitung der Matrix verbunden werden. Dann können unbedingte Sprungbefehle ausgeführt werden. Ein solcher Befehl besteht aus dem Setzbefehl und der Sprungadresse. Zur Realisierung von bedingten Sprungbefehlen führt man die Befehlsleitungen der Matrix nicht direkt zu dem Setzeingang des Zählers, sondern beispielsweise über eine UND-Verknüpfung. Nun wird die Sprungadresse nur dann in den Zähler geladen, wenn der Setzbefehl an den Zähler gelangt. Dies ist aber nur der Fall, wenn die UND-Bedingung erfüllt ist, also an dem anderen Eingang der UND-Verknüpfung bei Auftreten des Sprungbefehls eine logische „1" liegt. Somit bestimmt dieser Eingang, ob der Sprungbefehl ausgeführt wird oder nicht.

Noch etwas fällt an dieser Schaltung auf: Es sind zwei verschiedene Taktleitungen vorhanden.

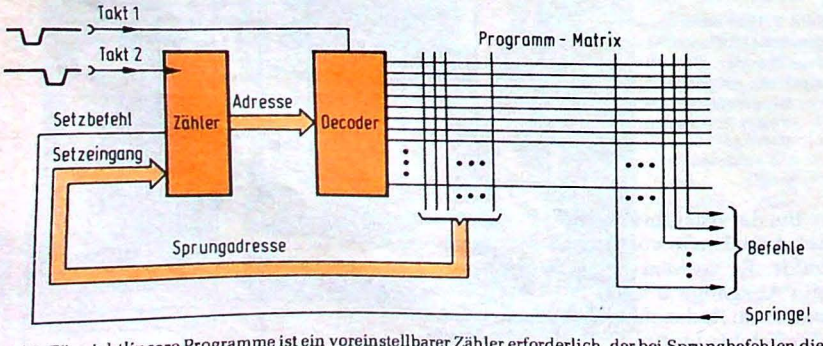


Bild 3. Für nichtlineare Programme ist ein voreinstellbarer Zähler erforderlich, der bei Sprungbefehlen die neue Anweisungs-Adresse übernimmt

Warum zwei Taktphasen?

Wäre nur eine Taktleitung vorhanden, so würden Störungen im Ablauf entstehen, wenn ein Sprungbefehl ausgeführt wird. Der Sprungbefehl verändert den Inhalt des Zählers und es würde an den Decodierer sofort eine neue Adresse gelangen. Der Decodierer würde die entsprechende Anweisungsleitung sofort aktivieren und die neue Anweisung würde ausgeführt werden. Dies könnte zu unüberschaubaren Programmabläufen führen oder sogar zu Fehlern.

Bei zwei geeigneten Taktsignalen können solche Störungen nicht auftreten. Zum Beispiel wird vereinbart, daß bei Auftreten des Taktes 1 der Zähler um eins erhöht wird und der neue Zählerstand dann über einen Zwischenspeicher an den Decodierer weitergegeben wird. Wurde vorher eine Sprungadresse geladen, so wird bei dieser Taktdefinition allerdings die Sprungadresse um eins erhöht und dies ist bereits bei der Programmerstellung zu berücksichtigen. Bei Auftreten von Takt 2 wird dann der Decodierer freigegeben und die adressierte Anweisung wird ausgeführt.

Takt 1 und Takt 2 treten dabei in ständigem Wechsel auf, wobei sich die beiden Taktsignale nicht überlappen dürfen. *Bild 4* zeigt die Schaltung eines Taktgenerators, der solche Taktsignale erzeugt. Dem Taktgenerator wird dabei eine beliebige Taktfrequenz zugeführt, und an den Ausgängen 0 1 und 0 2 liegen die entsprechenden Taktsignale an.

Liegt nun zum Beispiel der Pegel des Eingangstaktes auf High und der Ausgang Q hat ebenfalls den Pegel High, so ist für das NAND-Gatter die Verknüpfungsbedingung erfüllt und an dem Ausgang 0 1 erscheint ein Low-Signal. Der Ausgang 0 2 liegt auf High-Pegel, da die Verknüpfungsbedingung von N2 nicht erfüllt ist.

Springt nun der Takt von High auf Low, so kippt das Flipflop um und der Ausgang $\overline{Q}$ liegt nun auf High-Pegel. Die Verknüpfungsbedingung von N1 ist nun nicht mehr erfüllt, und der Ausgang 0 1 liegt auf High-Pegel. Die Verknüpfungsbedingung für N2 ist aber auch nicht erfüllt, weshalb am Ausgang 0 2 ebenfalls ein High-Pegel liegt. Nun wechselt der Takt von Low auf High. Jetzt ist die Verknüpfungsbedingung von N2 erfüllt. Am Ausgang 0 2 liegt nun ein Low-Pegel. Der Ausgang 0 1 liegt noch auf High, da die Verknüpfungsbedingung von N1 noch nicht erfüllt ist. Wechselt nun das Taktsignal von High auf Low, so kippt das Flipflop wieder und der Ausgang Q führt einen High-Pegel. Da der Takt Low-Pegel führt, ist wieder für beide Verknüpfungen N1 und N2 die Verknüpfungsbedingung nicht erfüllt und an den Ausgängen 0 1 und 0 2 liegt ein High-Pegel. Bei erneutem Wechsel des Taktes beginnt das Ganze von vorne.

Bild 5 zeigt nun die Schaltung einer vollständigen Mikroprogramm-Steuereinheit. Man erkennt den schon bekannten Zähler Z1, den Decodierer D1 und die Matrix. Ein Teil der Ausgänge der Matrix wird über einen Zwischenspeicher des Typs SN 7475 an die Setzeingänge des Zählers zurückgeführt, um Sprungbefehle durchführen zu können. Die Befehlsleitungen der Matrix gelangen zunächst ebenfalls an einen solchen Zwischenspeicher und dann an einen sogenannten Befehlsdecodierer. Bisher wurden die Befehlsleitungen direkt zur Ausführung eines Befehls verwendet. Wenn sehr viele Befehle vorhanden sind, so würde man dabei genauso viele Befehlsleitungen in der Matrix benötigen. Steht aber nur ein sehr kleiner Programmspeicher zur Verfügung und wird auf die Fähigkeit

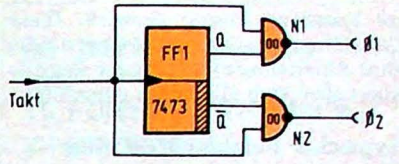


Bild 4. Die Schaltung in Bild 3 erfordert zwei phasenverschobene Taktsignale; diese einfache Schaltung kann sie liefern

verzichtet, mehrere Befehle mit einer Anweisung ausführen zu können, so kann man einen Befehlsdecodierer verwenden.

Diesem Befehlsdecodierer werden die Befehle in codierter Form zugeführt; er entschlüsselt sie und gibt ein Signal auf eine entsprechende Befehlsleitung an seinem Ausgang.

Die restliche Schaltung läßt sich am einfachsten an Hand der vorhandenen Befehle erklären. Dabei werden die Befehle am Anfang eines Abschnitts in ih-

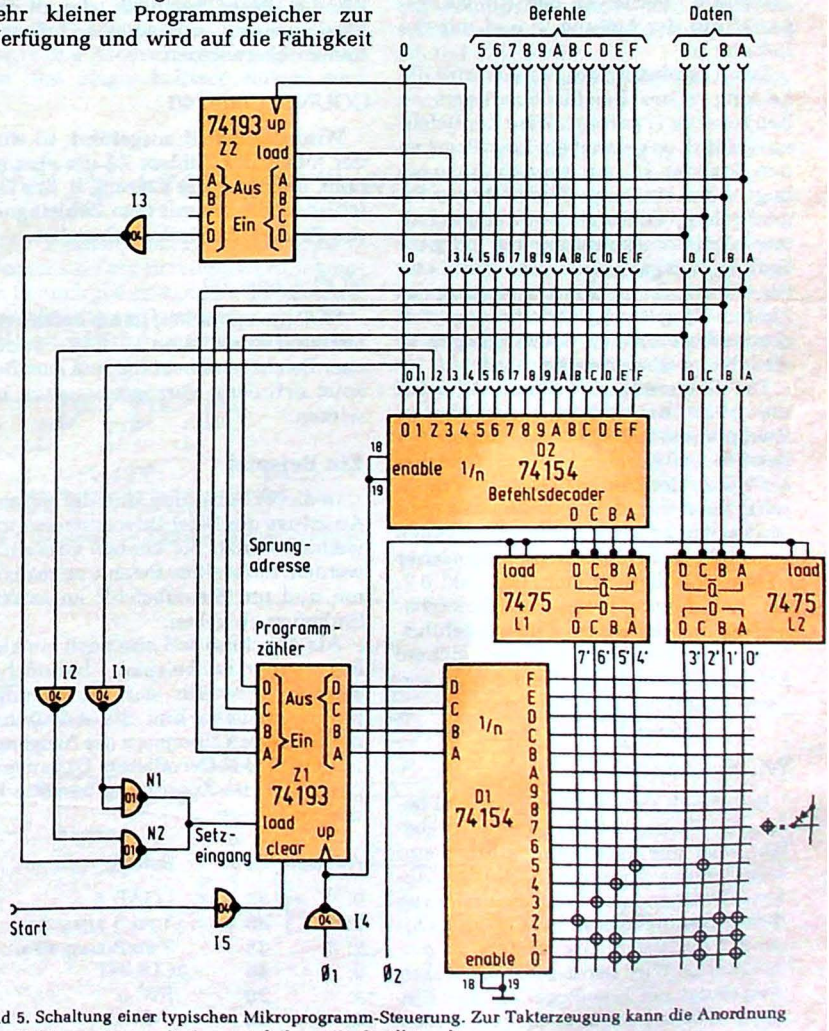


Bild 5. Schaltung einer typischen Mikroprogramm-Steuerung. Zur Takterzeugung kann die Anordnung von Bild 4 zusammen mit einem einfachen TTL-Oszillator dienen

rer Kurzbezeichnung genannt. Diese Bezeichnungen (Mnemonischer Code) sind Abkürzungen englischer Begriffe und haben sich allgemein eingeführt.

Typischer Befehlsvorrat einer Steuerung

JMP X; Code: 1X

Die Ausführung dieses Befehls bewirkt einen unbedingten Sprung. Die Adresse zu der gesprungen wird, wird in der zweiten Hälfte des Codes bestimmt. JMP 5 zum Beispiel heißt: Springe zur Anweisung 5. Nach Ausführung des Sprungbefehls wird dann die Anweisung 6 ausgeführt, da der Zähler zunächst um 1 erhöht wird. Der Code für diesen Befehl lautet 15. Soll der Befehl zum Beispiel bei der achten Anweisung ausgeführt werden, so fügt man eine Diode an den Kreuzungspunkt der Leitung 7 (hier wird von 0 bis 15 gezählt) des Decodierers D1 mit der Leitung 4'. Ferner an den Kreuzungspunkt mit der Leitung 2' und mit der Leitung 0'.

Zur Ausführung des Befehls wird die Leitung 1 des Befehlsdecodierers an den Inverter I1 geführt. Wird der Befehl ausgeführt, so gelangt ein Low-Pegel an den Inverter I1. An seinem Ausgang liegt dann ein High-Pegel. Dieses Signal gelangt an die als Inverter geschaltete NAND-Verknüpfung mit offenem Kollektorausgang, wo dann ein Low-Pegel liegt, der an den Setzeingang des Zählers Z1 gelangt und dafür sorgt, daß die Adresse an den Setzeingängen in den Zähler übernommen wird.

Die Steuerung der Schaltung wird mit Hilfe des schon beschriebenen Zweiphasen-Taktes vorgenommen. 0 1 bewirkt, daß bei abfallender Flanke dieses Taktes der Zähler Z1 um eins erhöht wird; bei der ansteigenden Flanke wird die am Ausgang der Matrix anstehende Information in den Zwischenspeicher L1 und L2 übernommen. Der Takt 0 2, der dann folgt, gibt den Befehldecodierer frei, und der Befehl wird ausgeführt. Durch dieses Prinzip wird eine sichere Arbeitsweise auch bei Ausführung von Sprungbefehlen gewährleistet.

JNC X; Code: 2X

Es handelt sich hierbei um einen bedingten Sprungbefehl. Der Sprungbefehl wird nur dann ausgeführt, wenn kein Übertrag der letzten Stelle des Zählers Z2 vorhanden ist. Zur Realisierung dieses Sprungbefehls gelangt die Leitung 2 des Befehlsdecodierers an den Inverter I2. Wird der Befehl ausgeführt, so gelangt ein Low-Pegel an den Eingang dieses Inverters I2. Von dessen Ausgang gelangt dann ein High-Pegel an den einen Eingang der NAND-Verknüpfung N2. Soll nun ein Low-Pegel an dem Ausgang dieser NAND-Verknüpfung entstehen, der einen Sprung bewirken kann, so muß der andere Eingang der NAND-Verknüpfung ebenfalls einen High-Pegel führen. Dort liegt aber nur dann ein High-Pegel, wenn an dem Eingang des Inverters I3 ein Low-Pegel liegt. Wird nun der Zähler Z2 hochgezählt, so erscheint nach einer bestimmten Anzahl Takt-Impulse am Ausgang D ein High-Pegel. Dieser bewirkt dann einen Low-Pegel am Eingang der NAND-Verknüpfung N2 und es kann kein Sprungbefehl mehr ausgeführt werden.

LOAD X; Code: 3X

Dieser Befehl ermöglicht es, den Zähler mit einem beliebigen Wert voreinzustellen. Bei der Ausführung dieses Befehls gelangt ein Low-Pegel an den entsprechenden Eingang des Zählers Z2, der diesen veranlaßt, die an den Setzeingängen vorhandene Information zu übernehmen.

COUNT; Code: 40

Wird der Befehl ausgeführt, so wird der Inhalt des Zählers Z2 um eins erhöht. Dazu ist die Leitung 4 des Befehlsdecodierers mit dem Zähleingang des Zählers Z2 direkt verbunden.

NOP; Code: 00

NOP (no operation) ist ein Befehl, der keinerlei Funktionen auslöst. Ein solcher Befehl wird benötigt, um zum Beispiel definierte Verzögerungen zu bewirken.

Ein Beispiel

In dieser Schaltung sind die anderen Ausgänge des Befehlsdecodierers nicht weiter benützt. Sie können verwendet werden, um weitere Befehle zu realisieren und um Steuerbefehle an externe Einheiten zu geben.

Als Abschluß soll nun noch ein kleines Programmbeispiel besprochen werden. Anstelle der Anweisungsnummer stehen hier die Adreßnummern, die den Nummern der Ausgangsleitungen des Decodierers D1 entsprechen, um die Zuordnung besser erkenen zu können.

Adresse:	Code:	Befehl:
0:	35	LOAD 5
1:	65	5 an 6 ausgeben
2:	83	3 an 8 ausgeben
3:	40	COUNT
4:	20	JNC 0
5:	14	JMP 4
6:	00	NOP

Das Programm hat die Aufgabe, dreimal hintereinander folgendes auszuführen: Zunächst soll die Leitung 6 des Befehlsdecodierers aktiviert werden; dabei soll auf den Datenleitungen der Wert 5 vorhanden sein. Danach soll der Ausgang 8 des Befehlsdecodierers aktiviert werden, und auf den Datenleitungen soll der Wert 3 anliegen.

Die Schaltung von Bild 5 besitzt noch einen wichtigen Eingang mit der Bezeichnung START. Wird ein Low-Pegel an diesen Eingang gelegt, so wird der Zähler Z1 gelöscht und es wird dauernd die erste Anweisung ausgeführt. Dabei darf diese Anweisung keine Zählbefehle beinhalten und auch keine Sprungbefehle. Mit diesem Eingang START ist es möglich, ein Programm, das einen HALT-Befehl beinhaltet, beliebig oft zu starten und somit auszuführen.

In dem Programmbeispiel wird dies berücksichtigt; die erste Anweisung (Adresse 0) enthält einen LOAD-Befehl, der auch bei mehrmaligem Ausführen zu keiner Störung führt. Der Befehl LOAD 5 bewirkt, daß der Zähler Z2 auf den Wert 5 gesetzt wird. Als zweite und dritte Anweisung folgen die beiden Ausgabebefehle.

Die vierte Anweisung enthält den Befehl COUNT, damit wird der Inhalt des Zählers Z2 um 1 erhöht. Nun folgt der Befehl JNC 0. Wenn der Zähler Z2 den Wert 8 noch nicht erreicht hat, erfolgt ein Sprung zur ersten Anweisung. Es wird dann nach dem Sprung zunächst die zweite Anweisung (Adresse 1) ausgeführt, Hat der Zähler den Wert 8 erreicht, so gelangt an den Inverter I3 ein High-Pegel; somit kann der Sprungbefehl nicht ausgeführt werden. Es wird dann die sechste Anweisung ausgeführt, die einen versteckten HALT Befehl beinhaltet, der auch mit dem Begriff „dynamischer Halt" bezeichnet wird. Es erfolgt nämlich ein Sprung zur fünften Anweisung und die sechste Anweisung wird wieder ausgeführt. Die sechste Anweisung beinhaltet aber wieder diesen Sprungbefehl, und somit bleibt das Programm bei dieser Anweisung „stehen". Soll das Programm erneut ausgeführt werden, so muß ein Low-Pegel an den Eingang „START" geführt werden.

Die hier beschriebene Mikroprogrammsteuereinheit soll lediglich einige Anregungen vermittelt haben; sie kann leicht zu einer umfangreicheren Mikroprogramm-Steuerung ausgebaut werden und so zum Beispiel zum Steuern eines Frequenzmeßgerätes, einer Recheneinheit oder eines sonstigen Gerätes verwendet werden.

Impulsumkehrstufe

Mit der nachfolgend beschriebenen Schaltung kann man die Wirkrichtung von impulsbreitengesteuerten Geräten umkehren. Diese sogenannte Impulsumkehrstufe kann man für positiv-, als auch für negativ-flankengesteuerte Elektronik aufbauen. Speziell erdacht wurde die Schaltung für handelsübliche Modellfernsteueranlagen, um die Laufrichtung der Servos umkehren zu können.

Das Prinzip der Schaltung ist die Impulsdifferenzbildung. Hierbei wird der ankommende Steuerimpuls i_E von einem zeitlich längeren Impuls i_K subtrahiert, so daß jeweils der „umgekehrte" Steuerimpuls i_A am Ausgang der Schaltung zur Verfügung steht *(Bild 1)*.

Die Zeit für i_K ergibt sich aus der Summe des kürzesten mit dem längsten Steuerimpuls. Sie beträgt bei den meisten Fernsteueranlagen

$$i_K = 1{,}0\ \text{ms} + 2{,}0\ \text{ms} = 3{,}0\ \text{ms}$$

Die Schaltung soll folgende Bedingung erfüllen:

$$i_K - i_E = i_A \qquad [1]$$

Bild 2 zeigt zwei schaltungstechnische Realisationsmöglichkeiten, nämlich für positiv- (a) und negativ-flankengesteuerte Elektronik (b). An den Gatterausgängen $Q_1 \ldots Q_4$ ergeben sich folgende Schaltzustände:

Q_1: $1-i_K$ (mit schlechter Rechteckform)
Q_2: i_K
Q_3: $1-i_K$
Q_4: $1-[(1-i_K) + i_E] = i_A \qquad [2]$

Vereinfacht man Gl. [2], so erhält man

$$i_K - i_E = i_A \qquad [3]$$

Man sieht, daß Gl. [1] und Gl. [3] identisch sind.

Aufbau und Abgleich

Für den Aufbau wurden CMOS-IS verwendet, da diese keinen nennenswerten Strom verbrauchen. Bei Verwendung von NiCd-Akkus als Spannungsversorgung kann auf die zusätzliche Spannungsstabilisierung verzichtet werden, da die Akkuspannung recht konstant bleibt. Sonst empfiehlt sich der Einbau einer einfachen Stabilisationsschaltung für etwa 5 V.

Die gesamte Schaltung kann bequem zwischen den Anschlußstiften der IS-Fassung aufgebaut werden, die Verdrahtung ist unproblematisch. Für R_T wurde ein Wendel-Trimmpotentiometer verwendet.

Der Abgleich erfolgt folgendermaßen: R_Z wird auf ungefähr 200 kΩ eingestellt. Die Stufe wird zwischen Empfänger und Rudermaschine angeschlossen. Bei eingeschalteter Anlage und Neutralstellung des entsprechenden Steuerknüppels wird der Rudermaschinenausschlag mit R_T ebenfalls auf neutral eingestellt.

Ing. (grad.) Gerhard Bartels

40 Umhängetaschen und 10 FUNKSCHAU-Abo's zu gewinnen!

Im Rahmen der dritten Abteilung des FUNKSCHAU-Preises 1979 verlosen wir 40 Mehrzweck-Umhängetaschen und 10 einjährige FUNKSCHAU-Abonnements unter den Lesern, die uns auf einer Postkarte mitteilen, was sie vom 1. Juli 1976 bis zum 1. Juli 1978 aus unserer Rubrik Praxis & Hobby nachgebaut haben – unabhängig davon, wieviel das ist! Näheres erfahren Sie in Heft 19/1978 auf Seite 910, oder Sie fordern einen Sonderdruck der Ausschreibungen zum FUNKSCHAU-Preis an. Adresse: Redaktion der FUNKSCHAU, Postfach 37 01 20, 8000 München 37.

CMOS-Frequenzverdoppler

Die meisten üblichen Frequenzverdoppler sind nur für einen recht schmalen Bereich geeignet, da sie nichtlineare Bauelemente zur Erzeugung von Oberwellen und Schwingkreise zur Aussiebung der gewünschten Harmonischen verwenden. Mit einer CMOS-IS gelingt es, in einem Bereich von 0...3 MHz die Frequenz zu verdoppeln, wobei allerdings das Tastverhältnis am Ausgang nicht konstant ist; es entstehen nämlich nur sehr schmale Impulse.

Die in *Bild 1* gezeigte Schaltung verwendet eine IS mit vier integrierten Exklusiv-Oder-Gattern (4070); *Bild 2* zeigt den Impulsplan. G 1, G 2 und G 3 sind so geschaltet, daß sie als nichtinvertierende Gatter zur Verzögerung des Eingangssignales arbeiten. Ihre Verzöge-

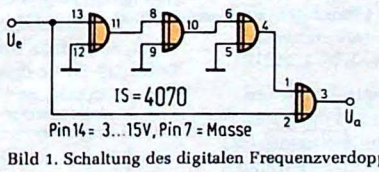


Bild 1. Schaltung des digitalen Frequenzverdopplers

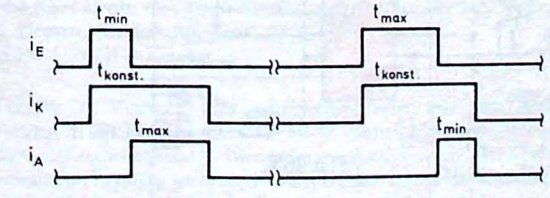


Bild 1. Impulsschema. Der empfangene Impuls i_E wird in seiner Länge von einem intern erzeugten Impuls i_K subtrahiert

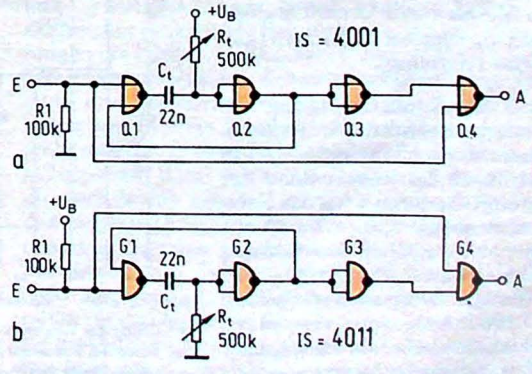


Bild 2. ▶ Schaltung für positive (a) und negative Elektronik (b)

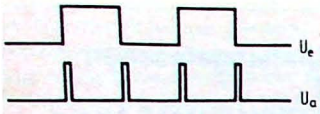


Bild 2. Impulsformen am Ein- und Ausgang

rungszeit bestimmt die Ausgangsimpulsbreite, die bei handelsüblichen IS bei etwa 0.1 µs liegt.

Einige Einschränkungen beim Betrieb dieser Schaltung sollten nicht unerwähnt bleiben. Zunächst einmal findet nur dann eine spektral reine Frequenzverdopplung statt, wenn das Eingangs-Tastverhältnis genau 0,5 beträgt. Ferner lassen sich nicht mehrere solcher Verdopplerschaltungen hintereinanderschalten, da sonst diese erste Bedingung nicht mehr erfüllt ist.

Die Schaltung eignet sich u. a. auch dazu, ein möglichst gleichmäßiges Oberwellen-Spektrum zu erzeugen, z. B. um einen Eichmarkengeber für einen Kurzwellen-Empfänger zu realisieren. Will man z. B. alle 1 MHz einen Eichpunkt erzeugen, so ist der Eingang der Schaltung mit einem 500-kHz-Quarzoszillator zu verbinden.

Jens Wittje

Nachtrag zum Gittermustergenerator

FUNKSCHAU 1978, Heft 18, S. 893

Sie haben sicher bereits bemerkt, daß das Layout der Platine seitenverkehrt abgebildet wurde – aber das dürfte für die Reproduktion kein Hindernis darstellen. Wie uns allerdings der Autor mitteilt, treten bei manchen IS 4011 Probleme wegen des Übersprechens zwischen einzelnen Gattern auf, die sich in seitlichen Verzerrungen am oberen Bildrand äußern und praktisch immer durch Einsetzen einer anderen IS behebbar sind. Die Ursache liegt bei Rückwirkungen der Vertikal-Synchronimpulse auf den Horizontal-Oszillator innerhalb IS 1.

Schaltungskniff

Antennenrotorsteuerung „ohne“ Steuerleitung

Bei Antennenrotorsteuerungen fällt vor allem auf, daß 2...5adrige Steuerleitungen benötigt werden. Antennenverstärkerfernspeisungen sind jedoch seit Jahren bekannt und werden mit Erfolg angewandt. Warum kann also das Antennenkabel nicht auch als Steuerleitung für einen Antennenrotor dienen?

Diese Überlegung beflügelte mich zum Bau dieser Antennensteuerung, die bereits ein Jahr funktioniert.

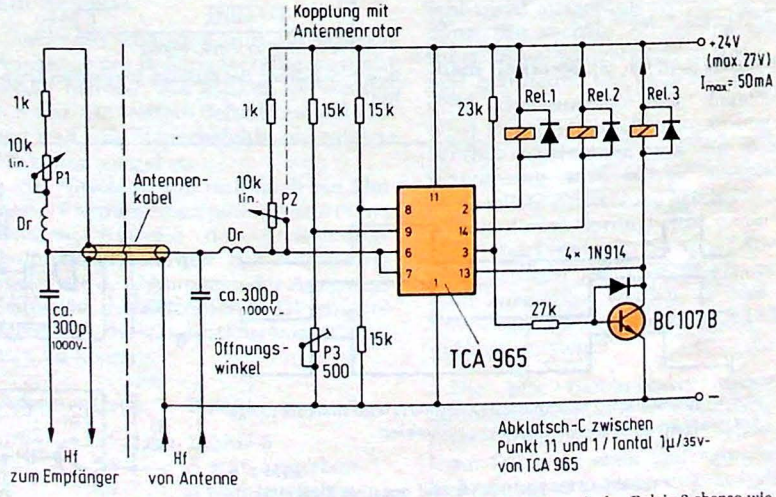
Um den Aufwand gering zu halten, wurde eine IS (TCA 965, Fa. Siemens, Preis ca. 5.– DM) verwendet, welche Ausgangsstufen mit offenen Kollektorausgängen enthält, die 50 mA maximal schalten können. Ich benutzte mit Absicht Relais zur Ansteuerung des Antennenrotormotors, um auch 220-V-Asynchron-Motoren mit Drehrichtungsumkehr verwenden zu können (galvanische Trennung).

Damit die Stromversorgung unstabilisiert ausgeführt werden kann, ist immer nur ein einziges Relais in Betrieb (auch im Ruhezustand der Steuerung). Dadurch wird das Netzteil konstant mit z. B. etwa 40 mA belastet. Bei meiner Ausführung wurde als Relais R 3 (es dient bei mir als 2poliger Netzschalter) jedoch eine 100-mA-Version verwendet, daher mußte hierbei ein zusätzlicher Schalttransistor eingesetzt werden.

Der Spannungsteiler mit den beiden 15-kΩ-Widerständen stellt die Bezugsmitte her. Wird nun durch Verstellen des Potentiometers P 1 oder P 2 die Mittenspannung der IS aus dem Gleichgewicht gebracht, fällt das Relais 3 ab, und gleichzeitig zieht (je nach Richtung) entweder Relais 1 oderRelais 2 an. Der Antennenrotor läuft nun an und führt das mechanisch angekoppelte Potentiometer P 2 mit, bis sich wieder das Gleichgewicht eingestellt hat. Das vorher eingeschaltete Relais 1 oder Relais 2 fällt nun ab, und fast gleichzeitig zieht Relais 3 wieder an. Der Ruhezustand der Schaltung ist somit wieder hergestellt. Der Spannungsteiler mit dem Potentiometer P 3 (500 Ω) dient nur dazu, die Größe des Öffnungswinkels zu verändern.

Beim Kurzschluß von P 3 ist überhaupt kein Öffnungswinkel vorhanden, d. h. das Relais 3 spricht nicht an. Im Endbereich von P 3 ist der Öffnungswinkel sehr weit, d. h. der Einschaltbereich von Relais 3 ist sehr groß. Der Anwender muß herausfinden, welche Einstellung von P 3 zu seinem Antennenrotor (hier ist das mechanische Spiel auch von Bedeutung) paßt.

Gert Hulboy



Schaltung der Rotorsteuerung ohne zusätzliches Steuerkabel. Sollte auch das Relais 3 ebenso wie Rel 1 und Rel 2 weniger als 50 mA Spulenstrom benötigen, kann auf den BC 107 verzichtet werden; das untere Ende von Rel 3 wird dann mit Pin 13 der IS verbunden

Funk-Entstörung von Kraftfahrzeugen

Störfreier Betrieb von Autoradios und CB-Geräten. Von Stratis Karamanolis. 1. Auflage, 106 Seiten, 61 Abbildungen. Kartoniert 10.50 DM. Karamanolis-Verlag, Putzbrunn bei München.

Der empfindlichste Rundfunk- oder Sprechfunk-Empfänger nützt im Auto nichts, solange nicht Maßnahmen getroffen werden, die im Auto selbst erzeugten Zündstörungen oder sonstige Störungen auf ein Maß herabzudrücken, das in die Größenordnung des Empfänger-Eigenrauschens kommt. Die Problematik der Kfz-Entstörung besteht nun leider darin, daß sogar in Fahrzeugen des gleichen Typs völlig unterschiedliche Störquellen vorhanden sind, und deswegen ist die Serienentstörung meist nicht für einen optimalen Empfang ausreichend. Das vorliegende Buch zeigt Methoden, die zunächst helfen, Störquellen zu lokalisieren, und gibt Hinweise für ihre Beseitigung. Umfangreiche Tabellen enthalten praktisch alle derzeit lieferbaren Entstörsätze und -mittel, bis hin zu den bei hartnäckigen Fällen erforderlichen Abschirmfolien und Massebändern. Auch eine kurze Übersicht über die gesetzlichen Bestimmungen fehlt nicht; schließlich wird die Entstörung von Kraftfahrzeugen keineswegs auf freiwilliger Basis durchgeführt. Fe.

Neues Verlagsverzeichnis für Franzis-Bücher

Neu erschienen ist das Verlagsverzeichnis 1978/79 des Franzis-Verlages sowie ein Gesamtverzeichnis der beliebten Electronic-Taschenbücher aus der RPB-Reihe. Insgesamt vier Seiten am Anfang des Verlagsverzeichnisses dienen der Neuvorstellung von Büchern, darunter Neuerscheinungen aus den Bereichen Meßtechnik, Hi-Fi, Amateurfunktechnik sowie Mikroprozessor-Grundlagen. Alle Bücher sind mit einer kurzen Inhaltsangabe versehen worden, um dem Besteller die Auswahl zu erleichtern. Und wer dann bestellen möchte, findet auf der letzten Seite zwei Bestellscheine, auf denen alle wichtigen Dinge bereits vorgedruckt sind.

Interessenten können beide Kataloge, die kostenlos abgegeben werden, beim Franzis-Verlag, Postfach 37 01 20, 8000 München 37, anfordern.

High Fidelity Jahrbuch 9

Bausteine zur klanggetreuen Musikwiedergabe. Herausgegeben vom Verlag G. Braun, mit einem Einführungstext von Karl Breh. Ca. 1300 Seiten, zahlreiche Bilder. Verlag G. Braun, Karlsruhe. Kart. 19.80 DM.
ISBN 3-7650-7004-1.

Bereits im Vorwort des Jahrbuches wird auf den Aufschwung hingewiesen, den der Hi-Fi-Bereich innerhalb der Unterhaltungselektronik in den zurückliegenden zwei Jahren nehmen konnte und so enthält dieser Band im Katalogteil weit mehr als 1500 Geräte, für die der Hersteller den Qualitätsstandard nach DIN 45 500 in Anspruch nimmt. Dabei ist das Angebot nicht nur auf dem Niveau der Anlagen, die die DIN-Norm gerade erfüllen, breiter geworden, sondern auch im Bereich der gehobenen und höchsten Preis- und Qualitätsklassen.

Ein Hilfe zur Beurteilung des Geräteprogramms soll der auf den jüngsten Stand der Entwicklung gebrachte Einführungstext sein, der mit einem Stichwortverzeichnis abgeschlossen wird.

Die Gerätebeschreibungen enthalten die technischen Daten nach Herstellerangaben und jeweils ein Bild. Sie umfassen: Plattenspieler; Tonarme; Tonabnehmer; Tuner; Verstärker; Receiver; Tonband- und Kassettengeräte; Kompaktanlagen und Türme; Lautsprecher; Kopfhörer; Mikrofone; Diskothek-Anlagen; Zusatzgeräte. Eine Liste der Hersteller- und Vertriebsfirmen schließt den Katalogteil ab. –en

Abkürzungen aus der Elektronik

Abkürzungen (Kunstwörter) auf ihre ursprüngliche Schreibweise zurückgeführt und erklärt. Von Ulrich Freyer. 100 Seiten. Kart. 4.50 DM (= RPB electronic-taschenbuch Nr. 96).
ISBN 3-7723-0961-5, Franzis-Verlag, München.

Oft sucht man beim Durcharbeiten von Fachbüchern, Fachzeitschriften, technischen Unterlagen, Beschreibungen und Schaltplänen, ja selbst beim Lesen der Tageszeitung die Bedeutung der Abkürzungen, die einem momentan nicht geläufig ist. Selbst als Redakteur ist man für eine Hilfe dankbar.

Aus dieser Situation heraus machte sich der Autor an die Arbeit, diese Kunstwörter zu sammeln, auf ihre ursprüngliche Schreibweise zurückzuführen und zu erklären. Was daraus alphabetisch geordnet entstanden ist und jetzt jedem Interessenten zur Verfügung steht, kann sich sehen lassen.

Für jede Abkürzung aus dem weitesten Bereich der Elektronik (inkl. der Luft- und Raumfahrt sowie der Militärtechnik), ist die Langform angegeben und bei fremdsprachigen Abkürzungen zusätzlich die deutsche Übersetzung oder eine sinngemäße Erklärung der Begriffe. Allen, die in Theorie und Praxis mit der Elektronik in Berührung kommen, bietet dieses Nachschlagewerk, dem neuesten Stand der Technik entsprechend, eine schnelle und große Hilfe. Wz.

Wie liest man eine Schaltung?

Methodisches Lesen und Auswerten von Schaltungsunterlagen. Von Dietmar Benda. 106 Seiten mit 56 Abb. und 20 Tabellen. Kart. 7.80 DM (= RPB electronic-taschenbuch Nr. 73).
ISBN 3-7723-0731-0, Franzis-Verlag, München.

Bei der Vielzahl von industriellen Schaltungen ist es oft schwer, sich zurechtzufinden und das Wesentliche vom Unwesentlichen zu unterscheiden. Hier hakt der Autor, als Ausbildungsleiter eines großen Unternehmens der Nachrichtentechnik tätig, mit seinem neuen Buch ein. Mit sinnvollen und methodischen Verfahrensweisen lösen sich verwirrende Industrieschaltungen in Funktionsgruppen auf, und Grundschaltungen treten deutlich hervor. Anhand zahlreicher praktischer Beispiele werden an Industrieschaltungen die Haupt-, Neben- und Hilfsfunktionen herausgearbeitet und analysiert. Schaltungsmaßnahmen zur Erzeugung und Stabilisierung von Arbeitspunkten werden erkannt und in ihrer Wirkung abzuschätzen erlernt. Signalwege und Funktionsabläufe sind verdeutlicht und in Übersichtsplänen dargestellt. Am Ausgang jedes Kapitels sind die wichtigsten aus den Beispielen resultierenden Methoden punktartig festgehalten und Anweisungen zu entsprechenden Übungen gegeben. – Der Anhang stellt mit einer Sammlung von Schaltzeichen, international gebräuchlichen Abkürzungen und Farbcodes ein verzügliches Hilfsmittel für den täglichen Gebrauch dar. Nach der Lektüre dieser praktischen Anleitung kennt sich der Leser in industriellen Anlagen aus und kann sein Wissen erfolgreich einsetzen. Wz.

Farbfernseh-Service

Helligkeit und Farbe „pumpen" nach einer gewissen Betriebszeit

Bei einem Farbfernsehgerät traten nach einer gewissen Betriebszeit periodische Schwankungen der Helligkeit und Farbänderungen auf. Da ich einen Bildröhrenfehler vermutete, mir aber das probeweise Auswechseln der Bildröhre ersparen wollte, überprüfte ich die Bildröhre mit einem Bildröhrenmeßgerät (siehe Heft 17/1977, Seite 812).

Zunächst ergaben sich keine Hinweise auf irgendwelche Schlüsse, Isolationsfehler oder Gas bzw. schlechtes Vakuum; lediglich bei einer Farbe konnte ich eine um einige Prozent schlechtere Katodenemission feststellen (es handelte sich hier um eine Trinitron-Bildröhre, die für drei Farben nur ein System hat). Nach einem Dauertest von ca. 20 min stellte sich die Frage nach Regenerierung, da Grün etwas nachgelassen hatte. Allerdings war die Leistung immer noch so, daß nach meiner Erfahrung die Stabilität der betreffenden Katode mit einem Regenerierstoß zwar hätte erhöht werden können, die Emission dadurch aber möglicherweise verschlechtert würde, weil sie noch über 50 % betrug.

Plötzlich erschien jedoch eine Bewegung am Zeiger des Heizstrominstruments: Die Heizung setzte periodisch aus, was sich sehr gut an den Instrumenten für U_f und I_f verfolgen ließ. Die Frequenz des Aussetzens der Heizung konnte mit Hilfe der regelbaren Heizspannung des Bildröhrenmeßgerätes verändert werden. Bei nur geringer Unterheizung waren die (periodischen) Unterbrechungen sehr kurz, so daß die Emission kaum abfiel. Bei weiterer Senkung der Heizspannung um ca. 0,5 V dauerten die Unterbrechungen länger, und es wurden auch Schwankungen in der Emission sichtbar.

Fehlerursache war hier eine sich durch thermische Einwirkung öffnende schlechte Schweißstelle in der Bildröhrenheizung, die sich aber weder durch störende Geräusche im Ton noch durch einen erkaltenden oder sichtbar dunkler glühenden Heizfaden bemerkbar machte, weil der Heizer wegen der jeweils nur kurzzeitigen Unterbrechung nicht aufhörte zu glühen. Pa.

Werkstattpraxis

Service-Informationen auf Mikrofilm

Auch Telefunken ist jetzt dazu übergegangen, Service-Informationen auf Mikrofilm herausgegeben. Z. Z. sind auf nur 36 Mikrofilmen alle technischen Service-Dokumentationen für das gesamte Geräteprogramm der letzten zehn Jahre archiviert. Eine methodische Ordnung ermöglicht dabei eine individuelle Anpassung an die Erfordernisse eines jeden Betriebes und an die Betriebsgröße.

Bei der Telefunken-Mikrofilm-Methode geht man von einer sachbezogenen Ordnung aus und in eine produktbezogene Ordnung über. Farbig unterschiedliche Titelleisten und ein Nummernsystem, das gleichzeitig Ordnungs- und Nachbestellnummer für das einzelne Mikrofilm-Fiche ist, erleichtern die Arbeit. Die einzelnen Fachgebiete werden durch Piktogramme auf den Titelleisten gekennzeichnet.

Die bisher an den Fachhandel herausgegebenen 36 Mikrofiches stellen die Grundausstattung dar. Sie wird laufend von Quartal zu Quartal durch Filme mit den neuesten Informationen ergänzt. Nach Ablauf des Jahres werden Teile der Grundausstattung und die Ergänzungen gegen eine neue Ausstattung ausgetauscht, so daß der Gesamtumfang der Dokumentation in den nächsten Jahren kaum ansteigen wird.

Neue Druckschriften

Im Datenbuch **Schalter und Tasten** ist das gesamte Standardprogramm der Dreh-, Tasten- und Schiebeschalter von ITT Bauelemente zusammengestellt. Das Lieferprogramm wurde erweitert – einige neu entwickelte Miniaturschalter und -tasten sind erstmals in diesem Datenbuch enthalten – und die Angaben über Schaltleistungen, Lebensdauer, Isolations- und Durchgangswiderstände sowie über technische Kennwerte aufgrund neuerer Laborversuche überarbeitet (ITT Bauelemente, Postfach 2340, 8500 Nürnberg).

Unter dem Titel **AMPL-Repetitorium** brachte Texas Instruments eine Beschreibung der Arbeitsweise des AMPL-Entwicklungslabors für die 16-bit-Mikroprozessorfamilie 9900 heraus. Die deutschsprachige und zum Selbststudium geeignete Einführung (Schutzgebühr 10 DM) soll jenen Entwicklern behilflich sein, die eine zusammenfassende Übersicht über Bedienung und Ablaufsteuerung des „in-circuit"-Emulators und des „Trace"-Moduls im AMPL-Entwicklungslabor sowie über Struktur und Befehlsvorrat der Dialogsprache „ampl" benötigen (Texas Instruments, Haggertystraße 1, 8050 Freising).

Im **Katalog P 78** stellt Pop electronic neben dem übrigen Angebot auch das Programm an Leuchten mit Glühlampen und LED in Kunststoff- und Metallgehäusen vor. Dabei handelt es sich um Ausführungen mit Lötanschlüssen, die für Einlochbefestigung in der Frontplatte bestimmt sind. Die Typen im transparenten Kunststoffgehäuse werden mit rechteckiger (12 mm x 15 mm) und runder (13 mm Durchmesser) Leuchtfläche geliefert und sind mit Glühlampen bestückt. Ein eingebauter Vorwiderstand ermöglicht den Anschluß an 220 V Netzspannung (Pop electronic, Heinrich-Hertz-Straße 11, 4006 Erkrath 1).

Die Firmenschrift **Geklebte Blechpakete** der Vakuumschmelze informiert insbesondere über EK- und EKL-Kerne sowie über die abgleichbaren EK-Kerne. Weitere Abschnitte behandeln die im Programm befindlichen Kleinkernbleche und die Daten daraus geschichteter Kerne, Zubehörteile und die einschlägigen DIN-Normen. Besonders hingewiesen sei auf die ausführlichen Berechnungsunterlagen (Vakuumschmelze, Postfach 109, 6450 Hanau).

In einer **Programmübersicht 3/78** stellt Sasco die neu in das Vertriebsprogramm aufgenommenen Werkzeuge von drei Firmen der The Cooper Group vor. Im einzelnen handelt es sich dabei um Elektronikzangen von Crescent, Lötwerkzeuge von Weller und Montagewerkzeuge von Xcelite (Sasco, Herrmann-Oberth-Straße 16, 8011 Putzbrunn b. München).

Die Druckschrift **Durethan – Polyamid 6 und 66** unterrichtet über das Sortiment der Polyamid-Chemiewerkstoffe der Bayer AG. Nach einer Kurzcharakteristik und einer Übersicht über die angebotenen Polyamid-6- und -66-Typen werden ausführlich die Eigenschaften von unverstärktem und glasfaserverstärktem Durethan beschrieben, ergänzt durch zahlreiche Diagramme und eine Tabelle der Eigenschafts-Richtwerte. Neben gezielten Verarbeitungshinweisen vermitteln Anwendungsbeispiele in Wort und Bild einen Überblick über das Hauptverwendungsgebiet. Bayer AG, Vs-ÜA-FP, 5090 Leverkusen).